



RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

VUE D'ENSEMBLE: Programme D'Orientation De Carrière Pour Le Technicien en Hydrométrie de la Division Des Relevés Hydrologiques du Canada

P.I. Campbell
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
Canada K1A 0H3

R.D. McBride
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
45 promenade Alderney
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Canada B2Y 2N6

Chris Thomson
Relevés hydrologiques du Canada
Ottawa (Ontario)
Canada K1A 0H3

Droits d'auteur © 1999. Tous droits réservés.

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	INTRODUCTION	1
2.0	LA DIVISION DES RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA	2
2.0	LA DIVISION DES RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA	2
2.1	TRAVAIL DE BASE.....	2
2.2	UTILISATIONS ET UTILISATEURS DES DONNÉES SUR L'EAU.....	4
2.3	STRUCTURE ORGANISATIONNELLE	5
2.4	CALCUL DE DONNÉES	6
2.5	TÉLÉMESURE DE DONNÉES	8
2.6	ENTENTES FÉDÉRALES-PROVINCIALES DE PARTAGE DES COÛTS.....	9
2.7	MODERNISATION DU SERVICE DE TRANSMISSION DES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES SERVICE.....	9
2.8	SOMMAIRE DES DOMAINES SUPPLÉMENTAIRES.....	10
2.8.1	<i>Normes nationales</i>	10
2.8.2	<i>Programme national d'assurance de la qualité</i>	10
2.8.3	<i>Stations internationales de jaugeage</i>	11
2.8.4	<i>Entretien et construction</i>	11
2.8.5	<i>Demandes de données, d'informations et d'avis</i>	12
2.8.6	<i>Importants projets nationaux sur l'eau</i>	12
2.8.7	<i>Procédures administratives et règlements du personnel</i>	12
3.0	LE PROGRAMME D'ORIENTATION DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE.....	14
3.1	DÉFINITION ET RECRUTEMENT	14
3.2	AUTORISATION POUR LE PROGRAMME	14
3.3	ORIGINES ET DESCRIPTIONS DES NIVEAUX	15
3.4	FORMATION ET ORIENTATION	15
3.5	TYPE DE TRAVAIL, VOYAGE ET DÉFIS.....	16
3.6	POSSIBILITÉS DE CARRIÈRE ET DE PROMOTION	17
4.0	RENOUVELLEMENT DE BIENVENUE.....	19
	ANNEXE : MATÉRIEL PÉDAGOGIQUE.....	20

1.0 INTRODUCTION

Bienvenue à la *Division des relevés hydrologiques du Canada*. Vous êtes maintenant un membre d'un organisme très respecté, fier de ses traditions et de ses réalisations accomplies depuis plus de 80 années d'existence, mais aussi progressiste par ses positions. Nous œuvrons dans l'univers unique et spécialisé de la collecte de données sur les eaux de surface, un univers dans lequel vous serez appelé à jouer un rôle très important et dans lequel vous deviendrez, tôt ou tard, un expert. Nous croyons que vous trouverez des défis stimulants et de nombreuses satisfactions quand vous serez un technicien en relevés hydrologiques en train d'exécuter le travail important consistant à mesurer les ressources en eau du Canada.

L'objet de cette présentation est double :

1. vous présenter notre organisme et vous initier au principe général du type de travail que nous faisons et
2. expliquer le *Programme d'orientation de carrière pour le technicien en hydrométrie* auquel vous prenez part actuellement.

Cette présentation d'initiation est la première de plus de trente « blocs de cours » distincts. Les autres sont plus détaillés et de nature plus technique. Ce cours est conçu pour vous donner un aperçu global de la manière dont nous fonctionnons. Nous allons vous montrer, à l'aide d'exemples, l'importance des résultats de notre travail et le maillon essentiel que vous constituez dans la chaîne des activités de collecte de données sur l'eau.

Notre *Programme d'orientation de carrière pour le technicien en hydrométrie* est conçu pour vous donner l'occasion d'apprendre votre métier sur les lieux de votre travail, la plupart du temps en tête-à-tête avec votre superviseur.

Vous avez reçu un cédérom du programme afin que vous puissiez faire les blocs selon votre rythme. Le cédérom peut servir de référence et il contient une bibliographie de documents connexes, un glossaire et des liens Internet utiles. Nous afficherons les modifications sur le site intranet de la Division et l'administration centrale peut sur demande enregistrer les versions plus récentes sur cédérom. N'hésitez pas à poser des questions en tout temps sur n'importe quelle facette de notre travail, même si elle n'est pas précisément abordée dans cette vue d'ensemble.

2.0 LA DIVISION DES RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

2.1 TRAVAIL DE BASE

Le travail de base de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* consiste à collecter des données sur la quantité d'eau à l'échelle nationale. Quand nous disons données sur la quantité d'eau, nous parlons des données statistiques de base qui donnent une mesure de la quantité et de la répartition générale des ressources en eau douce du Canada.

Nous entendons par cette activité de collecte des relevés de quantité d'eau, ou plus souvent appelés des relevés hydrométriques, et ces données comprennent principalement :

1. les niveaux d'eau
2. les débits ou les écoulements de cours d'eau
3. le transport des sédiments.

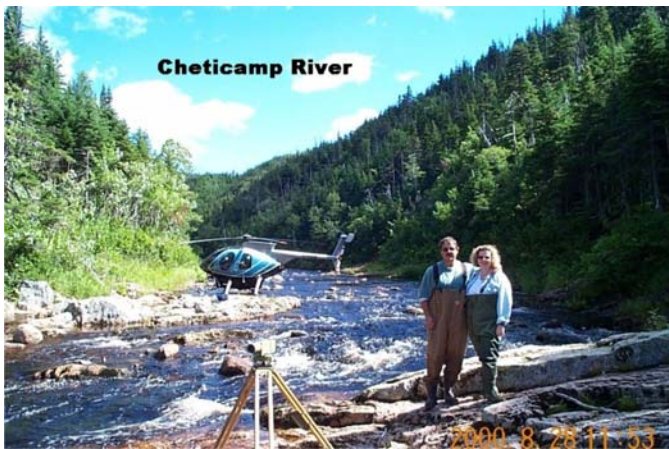
En plus de ces données, les techniciens en relevés hydrologiques, pendant qu'ils assument leurs fonctions principales, collectent aussi des informations sur les températures de l'eau, l'épaisseur de glace et l'état général du cours d'eau comme la profondeur, la largeur, la vitesse, la formation de glace, les embâcles, les crues et l'érosion des berges. Les techniques que vous utiliserez pour mesurer ces paramètres vous seront enseignées pendant votre période de formation. Vous les trouverez décrites dans différents manuels.

- I. Le paramètre le plus important que nous mesurons est la hauteur d'eau ou niveau d'eau. Nous pouvons effectuer cette mesure manuellement ou à l'aide d'un appareil enregistreur.
- II. Le deuxième paramètre le plus important que nous avons besoin de mesurer est la quantité d'eau, qu'elle soit en réserve dans un lac ou qu'elle s'écoule dans un cours d'eau. Chaque quantité est déterminée en utilisant une relation entre le niveau d'eau et le volume ou le débit. Puisque ces relations ou ces étalonnages peuvent évoluer en fonction des saisons et des conditions, vous aurez besoin de les vérifier. C'est pourquoi vous retournerez de façon répétée aux mêmes emplacements sur le terrain pour effectuer vos relevés.

En plus de collecter les niveaux d'eau et les débits de cours d'eau, la *Division des relevés hydrologiques du Canada* recueille des données sur les sédiments fluviaux. L'objectif principal consiste à collecter des données sur la quantité physique de sédiments qui sont érodés, transportés et déposés par les cours d'eau au Canada. Cependant, les sédiments jouent aussi un rôle important dans le transport et l'accumulation de polluants, et la présence de sédiments dans des cours d'eau est un indice d'une érosion de la surface des terres.

Les données brutes recueillies sur le terrain sont traitées, stockées et distribuées aux utilisateurs. Depuis 2000, la *Division des relevés hydrologiques du Canada* diffuse les données approuvées sur l'Internet. Les régions et districts peuvent offrir d'autres données dont les mesures et les données sur le niveau d'eau sous divers formats, dont les cédéroms et les pièces jointes aux courriels.

Voici des exemples des travaux que vous serez appelé à exécuter sur le terrain.





2.2 UTILISATIONS ET UTILISATEURS DES DONNÉES SUR L'EAU

Quel est l'intérêt d'obtenir ces informations sur l'eau et pourquoi est-ce d'une si grande importance pour l'économie d'un pays ?

L'eau est essentielle à la vie. Les êtres humains, les animaux, les poissons et les plantes en dépendent pour leur alimentation et ne pourraient survivre sans elle. Au-delà de ces besoins fondamentaux de survie, il est difficile de trouver un quelconque objet dont se sert la société moderne qui n'ait pas eu besoin d'eau à une étape ou à une autre de sa création ou de sa fabrication.

L'eau, dans l'univers où nous vivons, était présente quand la terre est apparue. La quantité d'eau sur la terre, estimée à 1 400 millions de kilomètres cubes, n'a pas changé malgré les 4 ou 5 milliards d'années d'existence de notre univers. Quatre-vingt-dix-sept pour cent de cette eau constituent les océans. L'eau souterraine représente 0,5 %. Des 2,5 % restants qui représentent la réserve totale mondiale en eau douce, une partie est gelée et forme les calottes polaires et les glaciers des différentes régions du monde. Après avoir pris en compte toutes ces sources, il ne reste qu'une fraction relativement petite mais immensément importante de la réserve mondiale en eau (environ un centième de un pour cent) qui est constituée de cours d'eau et de lacs. Elle est essentielle à la vie et elle entretient l'ensemble de la population terrestre.

Il y a probablement plus de lacs au Canada que dans n'importe quel autre pays du monde. Si l'on compte la partie canadienne des Grands Lacs, les lacs canadiens contiennent environ 14 % de l'eau douce de surface du monde à l'état liquide. Le Canada compte environ 9 % des réserves en eau douce renouvelable du monde.

Les liens Internet énumérés ici vous amènent à des faits intéressants sur l'eau ainsi qu'à d'autres sites traitant de l'eau.

[Pages de la Division des relevés hydrographiques du Canada](#)

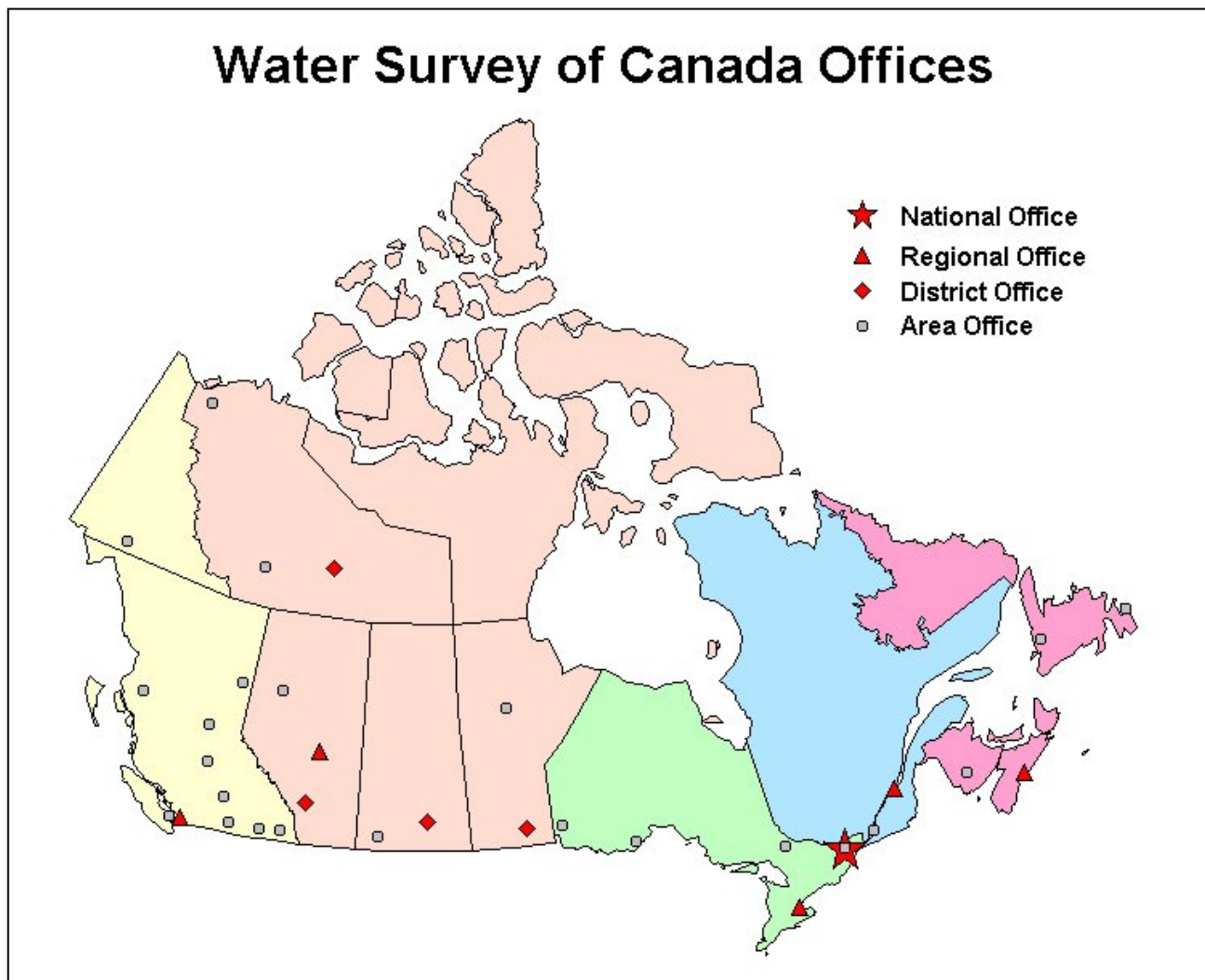
[Pages sur l'eau d'Environnement Canada](#)

Examinons maintenant les nombreuses façons dont cette ressource précieuse est utilisée par la société canadienne, notamment celle qui est reliée à l'économie et à l'environnement canadiens, et voyons qui sont les clients et les utilisateurs des données que nous recueillons.

2.3 STRUCTURE ORGANISATIONNELLE

Maintenant que nous avons exposé d'une façon générale en quoi consistait notre travail, examinons un peu notre structure organisationnelle pour nous permettre de comprendre où nous sommes situés par rapport à la division, à la direction et au ministère.

Au Canada, les gouvernements provinciaux et fédéral se partagent les responsabilités de la gestion de l'eau. L'organisme fédéral de plus haute responsabilité dans le domaine des ressources en eau douce est la *Direction générale des eaux intérieures d'Environnement Canada*. Ce lien vous fait voir où se situe la Division dans ce service.



Les bureaux régionaux de Dartmouth, Montréal, Burlington, Winnipeg, Regina, Calgary, Yellowknife et Vancouver collectent des données de terrain selon les normes nationales. Ils effectuent les calculs nécessaires pour présenter les données brutes de terrain en une forme convenable pour la diffusion et transfèrent ensuite les données à la Direction générale de la gestion des archives et des données nationales (DGGADN) situé à Downsview (Ontario). La Direction générale a la charge de conserver les données sur l'eau (données sur les écoulements de cours d'eau, les niveaux d'eau et les sédiments) provenant de plus de 2 500 stations actives et des 3 700 stations abandonnées dans une banque nationale centrale de données sur l'eau connue sous le nom de HYDAT (tiré de hydrometric data).

Cette banque contient plus de 152 000 années-stations de données sur les écoulements de cours d'eau et de niveau d'eau et 3 700 années-stations de données sur le débit de sédiments. Les bureaux de l'administration centrale sont aussi chargés de rédiger des manuels de procédures, des directives et des normes pour la collecte sur le terrain et le calcul dans les bureaux de données sur l'eau. Les données sont publiées maintenant sur RHC ou sur cédérom et non plus sur papier. Nos données proviennent des bureaux régionaux.

La vaste restructuration du Ministère en 1993 a dispersé horizontalement le secteur des sciences hydrologiques. À la DRHC, la planification et l'évaluation, les études hydrologiques et les applications relèvent des services suivants :

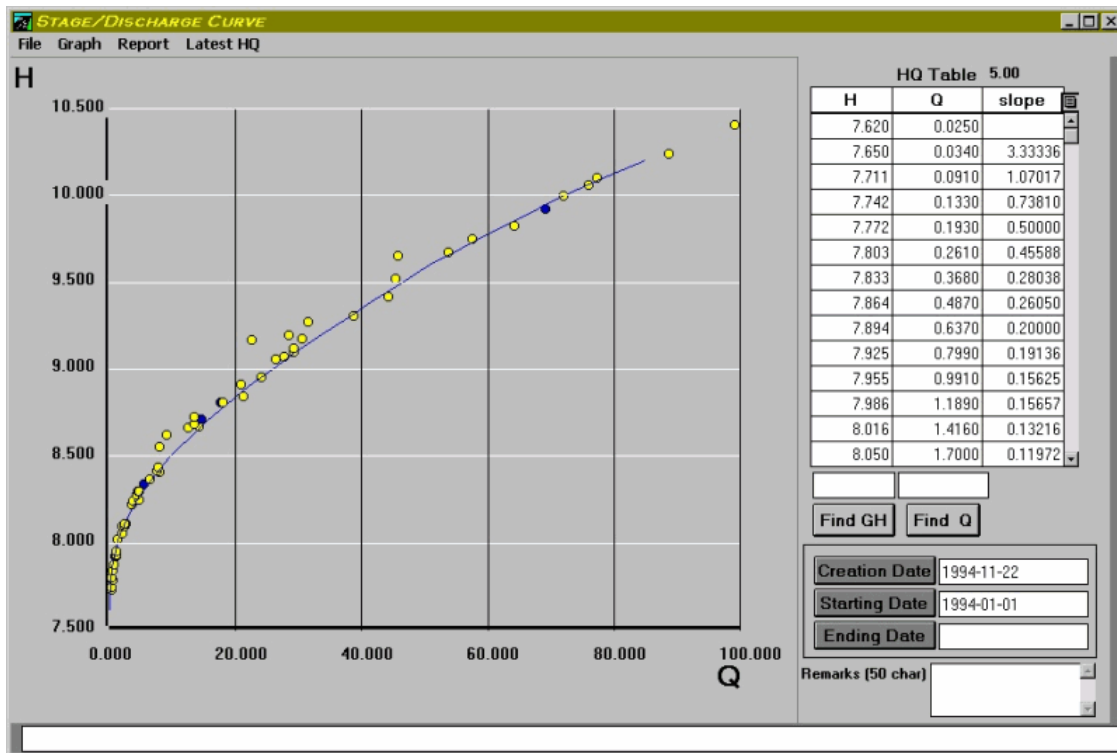
- la Division des stratégies de réseau (échelle nationale)
- la Division des sciences atmosphériques (région de l'Atlantique)
- la Section de l'hydrologie (région du Québec)
- la Division des services de surveillance (région de l'Ontario)
- la Division des sciences hydrologiques et atmosphériques (régions des Prairies et du Nord)
- la Section de la recherche et développement hydrologique (régions du Pacifique et du Yukon)

La Division également des liens avec le Service de la conservation de l'environnement et principalement avec la Direction des affaires de l'eau et l'Institut national de la recherche sur les eaux (INRE)

2.4 CALCUL DE DONNÉES

En termes généraux, toutes les observations ou tous les enregistrements effectués sur le terrain demandent une certaine part de vérification, de restructuration ou d'analyse avant qu'ils ne soient utilisables par le public. L'élément fondamental le plus courant des données publiées est un niveau d'eau quotidien moyen ou un écoulement de cours d'eau quotidien moyen. Cet élément pourrait être aussi la charge solide quotidienne moyenne transportée par un cours d'eau.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, cette session n'est qu'une session de présentation. Plus tard, vous serez capable d'approfondir plus en détail toutes les facettes de votre travail, notamment les calculs. À titre seulement d'exemple, allons jusqu'au bout d'un calcul simple d'un cas. Imaginez qu'une municipalité, appelons-la Waterville, veuille pomper de l'eau d'un cours d'eau pour l'alimentation en eau domestique. Elle sait qu'elle n'a pas le droit de pomper plus de 10 % de l'écoulement total du cours d'eau par jour.



Cette figure montre une relation hypothétique entre les niveaux d'eau et le débit. Comme vous pouvez l'imaginer, quand le niveau d'eau s'élève, une plus grande quantité d'eau passe en un point donné, notre station de jaugeage par exemple, pendant un temps donné. Cette relation doit être définie pour un certain intervalle de temps afin d'obtenir les conditions hydrologiques hautes, moyennes et basses. Avec cette courbe d'étalonnage, vous pourriez déterminer l'écoulement moyen du cours d'eau à notre station de jaugeage en déterminant d'abord le niveau d'eau moyen pour le jour voulu.

Supposons que notre station de jaugeage ait été spécialement mise en place dans le but d'obtenir ces données pour la municipalité de Waterville. Le débit que nous calculons devrait être par conséquent la valeur précise dont aurait besoin le Service des eaux de Waterville. Il aurait cependant besoin de ces données pour chaque jour et, par conséquent, nous devrions effectuer le calcul et transmettre les résultats quotidiennement. Si la quantité de sédiments transportés par le cours d'eau était la donnée désirée, il serait nécessaire de procéder à un travail de terrain supplémentaire, comme l'échantillonnage de l'eau, pour déterminer la concentration en sédiments. Vous verrez dans les exposés de leçon sur les sédiments qu'une étape similaire, mais supplémentaire, est nécessaire après avoir déterminé la quantité d'eau qui traverse le site.

De nombreuses difficultés peuvent survenir et compliquer le processus dans cet exemple rudimentaire. Vous allez bientôt vous apercevoir que votre formation et votre expérience seront nécessaires pour que vous ayez confiance dans les données que vous fournissez, comme celles nécessaires à la municipalité dans cet exemple.

Les calculs ne se font plus à la main depuis longtemps. En 1983–1984, la DRHC a acheté des mini-ordinateurs pour chacun de ses bureaux régionaux. Ces appareils ont depuis été remplacés par des ordinateurs personnels tournant sur Windows et dotés de logiciels comprenant des interfaces graphiques. Vous vous servirez de votre ordinateur personnel pour exécuter la plupart de vos tâches de bureau et d'un bloc-notes ou d'un assistant numérique pour la saisie de données sur le terrain. Vous utiliserez des réseaux locaux ou étendu pour accéder à la plupart des bases de données et des renseignements dont vous vous servirez. Le gouvernement utilise de plus en plus les réseaux électroniques pour mener ses affaires.

Les différents guides administratifs indiqués dans les normes nationales contiennent les détails exacts de fonctionnement des statuts qui régissent les traitements informatiques des données brutes recueillies sur le terrain par le technicien en relevés hydrologiques. Cette présentation a pour objet de vous présenter de manière générale le système de traitement de données utilisé dans nos bureaux. Il est important de se rappeler que les procédures de calcul utilisées dans les régions sont conformes aux normes nationales de calcul. En d'autres termes, tous les bureaux régionaux utilisent le même système de traitement de données et la même procédure pour produire les données.

Au vu de ce qui précède, il est évident que la qualité de l'extrait du traitement des données qui ont subi ces traitements dépend de l'intégrité et de la compétence du technicien en relevés hydrologiques. Cela commence par la collecte de données sur le terrain et se poursuit, au bureau, par le traitement informatique des données. Les relevés sur le terrain et les calculs au bureau demandent un haut degré de précision en se servant des manuels et des directives du service. Même si le travail est vérifié tout au long du processus, soit manuellement, soit par ordinateur, il est difficile de détecter toutes les erreurs. Il est inutile de dire que l'exactitude des données finales est essentielle pour une planification, une conception et un fonctionnement corrects de toute installation hydraulique ou pour toute étude hydrologique. Par conséquent, le technicien en relevés hydrologiques exécute un processus clé dans l'élaboration de ces différents projets hydrologiques.

2.5 TÉLÉMESURE DE DONNÉES

Nous avons parlé jusqu'ici dans nos exemples de données qui étaient observées ou enregistrées sur un site de terrain par un technicien ou par un appareil qui fait les enregistrements sur le terrain. C'est la norme, mais plus de la moitié de l'ensemble de nos stations de jaugeage sont équipées d'un type d'appareil qui peut envoyer un niveau d'eau ou d'autres données d'un site à un bureau de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* ou directement à un utilisateur final, comme la municipalité fictive de Waterville dont il était question auparavant. Un des plus anciens appareils, de moins en moins utilisé de nos jours, envoie des données par les lignes téléphoniques. On peut composer le numéro d'un téléphone installé dans un emplacement à distance, ce qui active un appareil qui envoie une série de signaux par la ligne à la personne qui appelle. Dans la plupart des cas, on n'entend que de simples bips que la personne qui appelle compte et qui représentent le niveau d'eau en décimales, unités et dizaines de mètres. Dans plus de 500 stations trop éloignées pour avoir un service de ligne téléphonique terrestre, les signaux sont envoyés par satellite et reçus par des stations terrestres hautement technicisées où ils sont décodés et transformés en données hydrométriques utilisables. L'appareil sur le terrain qui transmet les signaux est appelé une plate-forme de collecte des données. Nous envoyons des données par satellite depuis août 1972 et nous pouvons transmettre toute sorte de données pour lesquelles un capteur existe. Naturellement, le niveau d'eau est la mesure que nous envoyons le plus souvent mais nous transmettons aussi la température et la vitesse de l'eau, la température de l'air et d'autres variables météorologiques. Les données transmises par satellite ou téléphone sont disponibles aussitôt après avoir été saisies et c'est pourquoi nous les appelons données en temps réel ou quasi réel. Elles sont de grande utilité aux utilisateurs qui doivent connaître le plus tôt possible l'état de leur bassin versant.

Revenons à Waterville. Si cette municipalité fictive, comme beaucoup d'autres communautés réelles au Canada, est menacée chaque printemps par des inondations, alors les données en temps réel constitueraient une partie essentielle de tout système d'annonce de crue, surtout si des données sont aussi collectées à un second site situé à plusieurs milles en amont de la ville.

Il existe de nombreux centres de prévisions des crues au Canada qui dépendent de nos données pour prononcer des annonces de crue. Nos données par télémessure sont aussi utilisées pour vous indiquer le moment le plus opportun pour vous rendre à vos stations de jaugeage afin d'obtenir un autre point sur la courbe d'étalonnage du débit.

2.6 ENTENTES FÉDÉRALES-PROVINCIALES DE PARTAGE DES COÛTS

Selon la Constitution du Canada, les gouvernements fédéral et provinciaux partagent la charge de gérer les ressources en eau du Canada. Par exemple, les eaux navigables, les eaux qui forment une partie de la frontière internationale ou les eaux qui sont entièrement situées dans des parcs fédéraux sont de la responsabilité du gouvernement fédéral. De même, il y a des masses d'eau qui sont manifestement de la responsabilité de la province et d'autres pour lesquelles la responsabilité devrait être partagée.

Il est admis depuis longtemps que les données sur l'eau sont essentielles pour une gestion saine des eaux et que l'efficacité des programmes de collecte de données est nettement améliorée en combinant les réseaux et la méthode de normalisation. Par conséquent, en avril 1975, des ententes sur le partage uniforme des coûts pour les relevés sur la quantité d'eau ont été signées avec toutes les provinces (et, pour les Territoires, avec le ministère des Affaires indiennes et du Nord canadien) selon lesquelles la *Division des relevés hydrologiques du Canada* conduirait le programme de collecte de données sur toute l'étendue du Canada. Selon l'entente Canada – Québec, la province est le principal organisme de cueillette de données.

Ces accords reconnaissent que les données sur la quantité d'eau devraient être collectées pour satisfaire les besoins fédéraux, les besoins provinciaux ou une combinaison de ces besoins. Chaque station que nous exploitons est classée, selon les directives officielles, comme fédérale, provinciale ou fédérale-provinciale. Par conséquent, les fonds d'exploitation des réseaux sont accordés selon les besoins de chaque partie. Les provinces exécutent certains relevés sur le terrain, habituellement de courte durée, pour des études préliminaires de faisabilité et pour des études de qualité de l'eau.

Au moins une fois par année, l'administrateur fédéral, qui est actuellement le directeur régional, rencontre son homologue provincial pour déterminer le réseau devant être exploité et s'entendre sur les coûts. Quelques compagnies, comités et commissions responsables de l'exploitation de centrales hydro-électriques, de la régulation des écoulements et des niveaux des cours d'eau et de la gestion des zones fauniques recueillent aussi des données reliées à l'exploitation de leurs installations. Les données, collectées selon les normes nationales, peuvent être publiées et entrées dans la banque nationale de données (HYDAT). On fait appel à d'autres données pour identifier la source de production.

2.7 MODERNISATION DU SERVICE DE TRANSMISSION DES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES

SERVICE

La *Division des relevés hydrologiques du Canada* a toujours incorporé ou adopté des progrès technologiques qui étaient appropriés à l'époque. Pour un organisme comme le nôtre, cependant, la mise en place de nouveaux appareils et de nouvelles procédures demandent une planification et une analyse détaillées. Des trous dans les enregistrements hydrométriques diminuent énormément leurs valeurs, et, par conséquent, nous ne pouvons pas simplement fermer la chaîne de montage pour la saison et nous rééquiper comme une usine pourrait le faire. Nous devons introduire la nouvelle technologie sans interrompre les anciennes activités de collecte des données. Comme notre travail est très spécialisé, aucune compagnie n'aurait les moyens de développer un appareil spécifique à notre travail, car nous représentons un marché trop restreint. Par conséquent, nous avons dû surveiller les développements technologiques et en adapter un quand celui-ci semblait convenir.

En 1988, nous avons eu une proposition pour changer fondamentalement et radicalement la façon d'enregistrer et de calculer les données de la *Division des relevés hydrologiques du Canada*. Cela signifiait remplacer tous les 2 350 enregistreurs mécaniques de niveau d'eau par des enregistreurs électroniques numériques de données et utiliser des procédures plus automatisées pour calculer les données. Ce projet était appelé **Projet 2000** parce que la mise en place devait durer jusqu'à l'an 2000.

Cependant, avant de commencer la mise en place au niveau national, nous avons mené une étude pilote de trois ans dans une région à compter de 1991-1992 pour contrôler les problèmes imprévus et nous aider à organiser la réalisation en douceur à l'échelle nationale et ce d'une façon approfondie et efficace. À l'heure actuelle, les capteurs électroniques et les enregistreurs de données ont remplacé la plupart des anciens appareils et l'installation se poursuit dans le cadre de notre projet de modernisation.

La modernisation de nos systèmes de gestion des données avance à grands pas. Aujourd'hui, le technologue exploite des données numériques de la saisie à la publication en faisant appel à des logiciels d'élaboration et de maintenance nationaux. Il nous suffit de dire que le technicien connaît et maîtrise ces changements technologiques inévitables des systèmes sur le terrain et dans les bureaux. À mesure que de nouvelles techniques et que de nouveaux programmes informatiques sont élaborés, le technicien en relevés hydrologiques recevra une formation et saura utiliser ces concepts avec compétence.

2.8 SOMMAIRE DES DOMAINES SUPPLÉMENTAIRES

En présentant cette vue d'ensemble de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* et de ses activités, nous avons tenté de formuler d'une façon très générale et simplifiée une approche fondamentale de ce que nous faisons et comment vous serez concerné.

Pour terminer cette vue d'ensemble, nous allons vous présenter, dans une forme abrégée, divers domaines et termes auxquels vous serez sans aucun doute confronté dès que vous commencerez votre formation. À titre indicatif, nous vous présentons ces domaines suivis d'une courte description et d'explications succinctes. Ils ne sont pas nécessairement cités par ordre de priorité.

2.8.1 Normes nationales

Notre objectif est d'exécuter tous nos travaux selon les normes nationales.

Le terme se rapporte à la manière dont sont observées, enregistrées et calculées les données de relevés hydrologiques et sur les sédiments par une personne compétente. Ce travail se fait en accord avec les procédures et la précision énoncées dans les manuels de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* ainsi que dans d'autres règles générales, manuels et normes méthodiques, nationaux et internationaux, de procédure. Les données conformes à ces normes sont considérées comme convenables pour être stockées dans HYDAT, la banque nationale de données, officiellement publiées et distribuées à l'utilisateur.

Les listes de manuels qui se trouvent dans les normes nationales sont mises à jour périodiquement à mesure que parviennent des manuels inédits ou révisés.

2.8.2 Programme national d'assurance de la qualité

- *Le Programme national d'assurance de la qualité* est tout simplement un système de vérification mis en place en vue de veiller à ce que les procédures et les directives spécifiées soient suivies en accord avec les normes nationales établies d'une façon consistante et universelle dans l'ensemble du pays. Le programme assure que les données sur les eaux de surface en termes de données fondamentales de niveau d'eau, de débit et sur les sédiments ont été produites d'une façon cohérente avec le niveau de précision optimal réalisable dans tous les bureaux régionaux du pays.
- *Le Programme d'assurance de la qualité* aide à garantir que les données produites par deux bureaux régionaux différents sont cohérentes et ont la même précision. De plus, des données de plusieurs parties du pays sont souvent utilisées dans des études hydrologiques, et nous devons garantir que le produit final est de qualité similaire sans tenir compte de l'origine des données.

- *Le Programme d'assurance de la qualité* aide aussi à garantir que tous les techniciens en relevés hydrologiques ont reçu la formation recommandée appropriée et que les manuels suffisent et sont mis à jour.

2.8.3 Stations internationales de jaugeage

Les stations internationales de jaugeage sont des stations situées sur les eaux à la frontière (ou à proximité de celle-ci) entre le Canada et les États-Unis, et qui ont été désignées officiellement (par le Traité des eaux limitrophes de 1909). Elles sont exploitées conjointement par la Direction des ressources en eau d'Environnement Canada et par l'United States Geological Survey du Department of the Interior (ministère de l'Intérieur).

L'exploitation des stations internationales de jaugeage demandera aux techniciens des deux pays de traverser la frontière pour travailler à ces stations exploitées conjointement qui peuvent être situées dans l'autre pays. Des lettres spéciales de franchissement de frontière sont délivrées aux techniciens qui travaillent à ces stations.

Les activités reliées aux stations internationales de jaugeage sont régies par une série de règles générales de procédure réciproquement acceptées. Elles sont décrites dans une publication conjointe Règles générales de procédure pour les stations internationales de jaugeage, mars 1985 (Rapport de la Direction des ressources en eau IWD-HQ-WRB-P6-85-1).

Ce guide est disponible à titre de référence dans chaque bureau régional et, si votre région comprend des stations internationales, votre superviseur vous familiarisera avec son contenu. Les passages suivants serviront à illustrer quelques-unes des dispositions clés.

« Les stations internationales de jaugeage devraient être exploitées par des agences hydrologiques de l'un des deux pays ou conjointement. Les données doivent être collectées d'une façon réciproquement satisfaisante selon les procédures agréées et être disponibles aux utilisateurs des deux pays ».

« Selon la coutume établie, l'agence de collecte des données hydrologiques du pays où est située la station internationale de jaugeage est responsable de sa construction, de son exploitation et de son entretien. Des représentants de l'agence de l'autre pays jouissent du privilège d'inspecter et de vérifier l'exploitation de la station et le calcul de l'enregistrement pour assurer l'acceptabilité réciproque des données. Les données qui sont ... « approuvées conjointement » sont publiées dans des papiers d'approvisionnement en eau de l'un ou des deux pays ».

En plus des directives et des procédures générales, le chef régional de la Direction des ressources en eau du Canada et le chef de district de l'United States Geological Survey peuvent conclure des arrangements locaux pour le partage des coûts relatifs à l'entretien et à la construction des stations, aux visites et aux inspections réciproques et à la publication et la distribution des données.

2.8.4 Entretien et construction

Le technicien en hydrométrie de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* est généralement responsable de l'entretien et des réparations mineurs aux stations hydrométriques de jaugeage. Des spécialistes des bureaux régionaux ont généralement la charge du gros entretien des stations de jaugeage et de la construction de nouvelles stations de jaugeage. Ces travaux peuvent être exécutés par la Direction des ressources en eau ou impartis. Une station de jaugeage bien entretenue contribue à obtenir des enregistrements de haute qualité et de bonne précision. Les programmes régionaux annuels d'entretien et de construction sont décrits dans les rapports annuels de construction produits par presque tous les bureaux régionaux.

2.8.5 Demandes de données, d'informations et d'avis

Chaque bureau régional et l'administration centrale reçoivent, en moyenne, par jour entre deux et trois demandes d'informations concernant notre service de collecte de données. En d'autres termes, cela représente plus de 6 000 demandes par an. Certains utilisateurs ont besoin de données factuelles avec lesquelles ils peuvent faire leurs propres calculs et définir leurs propres opinions. Ces demandes peuvent, par exemple, faire l'objet de données qui seront utilisées dans un modèle informatique pour prédire les risques de crues ou pour déterminer si les niveaux d'eau, en aval d'un barrage de régulation, sont conformes avec le permis d'exploitation hydraulique délivré pour ce genre d'opération.

Dans d'autres cas, l'utilisateur a besoin d'une interprétation des données susceptible de lui apporter des informations significatives. Par exemple, le propriétaire d'un chalet souhaitant construire une jetée, aurait besoin de savoir si les niveaux d'eau actuels peuvent augmenter ou chuter, de connaître l'amplitude de la variation et le moment de l'année. C'est le type d'informations que vous serez le mieux à même de fournir pour votre région. Dans d'autres cas, vous donnerez des conseils sur la façon de faire une observation ou d'interpréter ou d'analyser des données déjà disponibles, mais qui n'ont peut-être pas été prises à l'emplacement précis à l'étude.

Les demandes sont faites par téléphone, par courrier et en personne aux bureaux auxiliaires ou régionaux. Dans de nombreux cas, le bureau aura plusieurs demandes ouvertes pour des données à intervalles réguliers, comme quotidiennement auquel cas des données par télémessure seraient nécessaires, ou chaque semaine ou chaque mois. Vous pouvez vous attendre à ce qu'aider votre superviseur à répondre aux demandes de toutes sortes devienne une part importante de votre travail. La plupart des gens sont très satisfaits de ce type de travail car il montre que le produit de leur travail a une utilité immédiate et quelque fois très importante.

2.8.6 Importants projets nationaux sur l'eau

Travailler comme technicien en hydrométrie à la *Division des relevés hydrologiques du Canada* pourrait entraîner des engagements conjoints avec d'autres groupes ou de prendre part à une étude plus importante. Ces projets spéciaux sont variés et différent d'une région à l'autre selon les besoins locaux ou la demande nationale.

On peut citer quelques exemples comme le Traité du fleuve Columbia, le barrage de la rivière Oldman, le canal de dérivation de Winnipeg, la voie maritime du Saint-Laurent et le Centre de prévisions dynamiques de la rivière Saint-Jean. De tels projets ou études donnent un sentiment de fierté et de réalisation de soi lorsqu'on y contribue d'une manière ou d'une autre. Ils apportent un intérêt nouveau et une certaine diversification au travail de technicien en hydrométrie de la *Division des relevés hydrologiques du Canada*.

2.8.7 Procédures administratives et règlements du personnel

Aucune présentation d'une agence gouvernementale ne serait complète sans mentionner, au moins, la multitude de règlements à respecter et de formulaires à remplir. Nous pensons que la meilleure façon d'appréhender ceci consiste à dire que vous serez confronté à eux de façon graduelle, au fur et à mesure des besoins.

La plupart des règles fondamentales concernant l'assiduité, les journées de maladie et les congés annuels figurent dans le livret qui résume la convention collective de votre groupe. Chaque employé en reçoit un exemplaire. De plus, il existe un abrégé des procédures administratives disponible dans chaque bureau.

Votre superviseur vous expliquera les règles locales ou régionales à propos des formulaires à remplir et des autres exigences.

En général :

- une carte de crédit du gouvernement est habituellement remises à ceux qui voyagent d'une façon continue;
- les règlements du Conseil du Trésor concernant les voyages ainsi que les taux de remboursement sont disponibles à chaque bureau régional en en suivant ce lien.

3.0 LE PROGRAMME D'ORIENTATION DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

3.1 DÉFINITION ET RECRUTEMENT

Le *Programme d'orientation de carrière du technicien en hydrométrie* de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* est un programme spécial de sous-classement approuvé par la Commission de la fonction publique. Presque tous les techniciens qui se joignent au personnel de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* prennent part au *Programme d'orientation de carrière*. Par ce programme, les recrues sont embauchées au niveau EG 3 et progressent d'une façon normale jusqu'au niveau EG 5 selon le calendrier suivant :

EG 3, un an et demi;

EG 4, deux ans;

EG 5, niveau de technicien totalement formé (un an).

Tous les postes de la Fonction publique du Canada ont des descriptions de poste réunies dans des groupes classés ou cotés. Le groupe et le niveau de classification déterminent le montant du salaire. EG signifie personnel de « soutien technique et scientifique ». C'est à ce groupe que vous appartenez. Pour chacun des niveaux du *Programme d'orientation de carrière*, il y a des descriptions de poste distinctes et cotées. Avant de passer au niveau suivant, certaines compétences de terrain ou de bureau, spécifiées dans les modules de formation, doivent être démontrées et appliquées de façon satisfaisante, et la personne en formation doit recevoir une juste évaluation de son rendement.

Quand, en 1967, une convention collective de travail fut, pour la première fois, introduite dans la Commission de la fonction publique du Canada, il y avait onze niveaux dans le groupe EG-ESS, mais en 1989 ce nombre a été ramené à huit. Ceci n'a pas altéré la durée ou la qualité de formation relative au *Programme d'orientation de carrière*.

Lorsque la négociation collective est arrivée à la fonction publique en 1967, on comptait 11 niveaux dans le groupe EG. Ce nombre est passé à huit en 1989, mais la durée et la qualité du programme sont demeurées les mêmes.

Examinons maintenant les informations données sur la feuille de présentation du *Programme d'orientation de carrière* qui se trouve dans votre pochette de documents.

3.2 AUTORISATION POUR LE PROGRAMME

Le *Programme d'orientation de carrière* existe depuis 1975 dans sa forme actuelle. Une autorisation pour des prolongations périodiques est accordée par la Fonction publique du Canada quand l'administration de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* et l'agent de négociation, l'Alliance de la Fonction publique du Canada (AFPC), s'accordent sur les conditions du programme. Le programme permet des promotions sans un processus compétitif de sélection. Si les parties ne peuvent s'entendre sur une prolongation du programme, les procédures normales de dotation en personnel devraient régir les promotions.

Afin de montrer un accord sur le *Programme d'orientation de carrière*, la *Division des relevés hydrologiques du Canada* et l'AFPC ont un protocole d'entente qui est habituellement signé et prolongé tous les deux ans ou à peu près.

On mène actuellement un projet afin que la Commission de la fonction publique reconnaisse le programme en tant que programme de formation professionnelle qui offrira les mêmes avantages que le programme d'orientation, mais il ne devra pas faire l'objet d'un protocole d'entente semestriel avec l'AFPC.

3.3 ORIGINES ET DESCRIPTIONS DES NIVEAUX

Le *Programme d'orientation de carrière* fournit une formation sur les lieux de travail. Il a montré son efficacité en formant des techniciens en hydrométrie compétents et qualifiés. Le programme a débuté au milieu des années 1950 dans chaque région du Canada. En 1967, il a été rationalisé par l'institution de normes de rendement et un comité national d'étude qui se réunit maintenant plusieurs fois par an pour examiner les performances et qui décide des promotions. Le programme a subi un changement en 1975 qui se traduit par un programme de formation définitif et un examen plus détaillé du rendement et de la disposition des techniciens à la promotion.

En vue de bâtir une base solide pour tous les travaux futurs, vous subirez une supervision plus étroite durant la première partie de votre formation sur les lieux de travail. Au premier niveau, vous apprécierez cette supervision étroite. Durant les deux années suivantes, la supervision est moyenne et vous commencerez à exécuter de façon indépendante certains des travaux de terrain fondamentaux répétitifs. Pendant la dernière année, la supervision sera minimale et vous pourriez même fournir une formation rudimentaire à du personnel à temps partiel comme des étudiants durant l'été.

La plupart des techniciens trouvent qu'ils commencent à se sentir compétents dans l'aspect travail de terrain de leur fonction avant qu'ils ne puissent manipuler la réduction et l'analyse de données où le jugement basé sur l'expérience et la formation est très important.

3.4 FORMATION ET ORIENTATION

Le *Programme d'orientation de carrière* a pour objectif de former des techniciens en hydrométrie aux principes et aux techniques des relevés de quantité d'eau en suivant un programme de formation planifié qui commence par les méthodes de base et qui développe petit à petit les connaissances et la compétence pour atteindre le niveau parfaitement compétent EG 5. Le programme de formation comporte une instruction en classe et une instruction sur les lieux de travail avec certification de la compétence par un superviseur. Au niveau EG 5, l'employé reçoit une formation en supervision. Les cours sont spécialement élaborés pour aider les superviseurs à donner une formation d'une façon uniforme à l'échelle nationale. Ils sont utilisés pendant la période de formation et se basent sur les manuels officiels de procédure. On peut aussi les utiliser pour référence future.

Les appréciations qui indiquent la performance des techniciens aux niveaux progressifs servent à juger de leur compétence et de leur disposition en vue d'une promotion. Ces appréciations, rédigées par le supérieur immédiat du technicien (normalement un EG 6) sont examinées par l'ingénieur régional. Le chef de la *Division des relevés hydrologiques du Canada*, assisté de l'ingénieur régional ou d'un chef choisi à tour de rôle, convoque plusieurs fois par an les comités d'étude des promotions pour examiner au niveau national les recommandations en vue de la promotion des techniciens. Le comité tient compte des appréciations ainsi que de chaque rapport de formation du candidat qui indique la formation reçue par le technicien. Le superviseur utilise le rapport de formation pour pouvoir examiner les compétences et le domaine dont l'employé est responsable.

En plus de ces cours, il y aura des cours de formation obligatoires. Parmi ceux-ci, on peut citer :

- Introduction à la santé et à la sécurité sur le terrain (Guide de sécurité de la Division pour les opérations sur le terrain et Code canadien du travail)
- Secourisme et RCR
- Sécurité nautique
- Survie et sauvetage en eau rapide, y compris la survie en eau froide
- Survie en hiver et secourisme en milieu sauvage
- Conduite préventive et contrôle des dérapages
- Transport de matières dangereuses
- Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail

- Ergonomie – au bureau et sur le terrain
- Conduite de petites embarcations
- Accès à des espaces clos
- Maniement sécuritaire de la scie à chaîne
- Protection contre les chutes
- Sécurité aérienne
- Conduite de VTT et de motoneige

**** Le gestionnaire régional ou de district peut indiquer s'il y a lieu de donner certains cours et établir le calendrier des cours.

Le gestionnaire régional ou de district déterminera s'il y a lieu de donner les cours spéciaux et de perfectionnement indiqués ci-après.

- Mise en place d'une plate-forme de collecte des données
- Échantillonnage de la qualité de l'eau
- Sondages hydrauliques et morphologiques
- Fonctionnement des profileurs de courant à effet Doppler et sondages
- Principes de la supervision
- Rédaction d'un rapport
- Analyse hydrologique.

3.5 TYPE DE TRAVAIL, VOYAGE ET DÉFIS

Les sondages hydrométriques entraînent les points suivants; quelques-uns ont été abordés auparavant :

- Mesure de l'écoulement des cours d'eau
- Mesure des fluctuations du niveau d'eau dans les lacs et les cours d'eau
- Mesure des solides en suspension dans les cours d'eau
- Mesure des matériaux du lit d'un cours d'eau
- Mesure du charriage d'un cours d'eau
- Mesure des fluctuations du niveau des eaux de marée (bureaux régionaux particuliers)
- Échantillonnage de cours d'eau pour la qualité de l'eau
- Réalisation de sondages d'échantillonnage de neige (seulement pour certains bureaux régionaux)
- Mesure de la température de l'eau du cours d'eau
- Mesure des variations de niveau des eaux souterraines (certains bureaux).

Chacune des fonctions des techniciens, relevés sur le terrain et travail de bureau, représente respectivement de 30 à 40 pour cent et de 60 à 70 pour cent de leur temps de travail. Les relevés sur le terrain sont effectués tout au long des 12 mois de chaque année, par tout l'éventail des conditions météorologiques. Dans des conditions de crue nivale, quand les cours d'eau sont gonflés et peuvent avoir submergé leurs berges, le technicien sur le terrain peut avoir l'occasion de voyager dans des conditions difficiles et de travailler dans des conditions dangereuses. La plus grande partie du travail se passe dans des zones éloignées, et le technicien doit être capable de survivre dans des conditions difficiles. C'est l'une des raisons pour laquelle vous serez accompagné par un superviseur ou une personne plus expérimentée pendant votre période de formation. On utilise des aéronefs ou des hélicoptères pour

accéder aux zones éloignées.

Le technicien en hydrométrie utilise et entretient des instruments et des équipements de toute sorte, de ceux que l'on pourrait appeler équipements de base normalisés jusqu'à l'équipement et aux instruments sophistiqués qui demandent une connaissance et une formation spéciales. Notre Manuel de l'équipement hydrométrique offre des photos pour chaque article. Vous recevrez bien sûr une formation prolongée sur presque tous les appareils à mesure quand vous suivrez les autres cours. Ici, nous avons eu un aperçu superficiel de deux seulement d'entre eux : le courantmètre et l'enregistreur de niveau d'eau. Parmi les autres instruments normalisés de base, on trouve les échantillonneurs de sédiments, les trajets de sondage, les unités GPS, les moteurs, les embarcations et les bacs à câble. Si vous avez besoin d'utiliser ou de faire fonctionner des types d'équipement plus spécialisés pour des relevés spéciaux comme des profileurs de courant à effet Doppler, des appareils de mesure de la vitesse à ultrasons, des échantillonneurs automatiques de solides en suspension et des fluoromètres pour mesurer indirectement l'écoulement, vous recevrez un cours sur ceux-ci. Vous en trouverez des illustrations dans le manuel.

Sur les lieux de travail, le technicien fait face à de nombreux défis, dont conduire des véhicules dans des conditions hivernales extrêmes, faire des mesures de débit par des températures très basses, voyager vers des zones éloignées dans différents types de petits aéronefs et des hélicoptères de toute taille. La prise de mesure de débit à partir de bateaux pendant les hautes eaux des crues nivales et des inondations est un défi remarquable car l'eau transporte souvent à haute vitesse des débris flottants, et positionner le bateau avec l'ancre ou des câbles de guidage demande une habileté considérable. Les mesures de débit dans des conditions de faible et de très faible débit représentent aussi un défi, quand les sections transversales du cours d'eau peuvent être pleines de croissance aquatique et de rochers émergés qui entraînent des conditions d'écoulement non laminares qui sont difficiles à mesurer avec précision. Trouver ou bâtir la meilleure section transversale de mesure demande un bon jugement et une bonne expérience. Pour produire des enregistrements dans lesquels le public peut avoir confiance, vous trouverez aussi de nombreux défis intellectuels.

Tout le monde dans la Division a, pour l'année à venir, une série d'objectifs de travail qui figurent dans son appréciation du rendement. Une partie d'entre eux consistera bien sûr à suivre une certaine formation. Les objectifs individuels proviennent des plans de travail établis chaque année dans la division.

3.6 POSSIBILITÉS DE CARRIÈRE ET DE PROMOTION

Les techniciens qui veulent faire carrière ne devraient considérer ce programme que comme la première étape en vue d'orienter leur potentiel de plein d'emploi. Il leur permettra d'acquérir des aptitudes en hydrologie ainsi qu'une expérience dans un travail très spécialisé. Dans la Division, il y a actuellement trois niveaux EG plus élevés auxquels des techniciens ambitieux peuvent aspirer. Les superviseurs en hydrométrie, dont relèvent environ quatre techniciens, sont classifiés au niveau EG 6. Chaque bureau régional a au moins trois postes de ce niveau et de temps en temps surviennent des vacances qui sont comblées par un processus compétitif. Il y a aussi, dans la Division, un certain nombre de postes EG 7 et EG 8, que l'on appelle gestionnaire de district et de région. Ces postes sont des postes de direction et, bien que les titulaires doivent posséder des connaissances techniques et une expérience en hydrométrie, ils comportent surtout des tâches administratives.

Ils représentent actuellement le plus haut niveau de la Direction des ressources en eau auquel peut aspirer un technicien sans diplôme universitaire. Toutefois, puisque de nombreux techniciens détiennent un tel diplôme, il y a possibilité d'un avancement plus élevé dans certains cas.

Le *Programme d'orientation de carrière* de quatre ans et demi est un point de départ pour une carrière dans la fonction publique du Canada. Le programme, bien qu'il ne constitue pas une garantie pour une promotion future, fournira aux techniciens en hydrométrie une base solide sur laquelle ils pourront s'appuyer. L'avenir repose sur vos aspirations et votre compétence de technicien. La fonction publique du Canada offre d'autres opportunités à ceux à qui le travail ne fait pas peur. Des promotions au-dessus du niveau du *Programme d'orientation de carrière* se font par le processus de compétition et sont sujettes au principe du mérite de la fonction publique du Canada.

4.0 RENOUVELLEMENT DE BIENVENUE

En présentant cette vue d'ensemble de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* et de ses activités, nous avons tenté de vous expliquer, d'une façon très générale et très simplifiée, le travail que nous accomplissons. Les blocs de cours spécifiques qui suivent aborderont en détail différents domaines.

Vous vous êtes engagé dans une carrière en hydrologie qui sera aussi intéressante et stimulante que vous voulez qu'elle le soit. Selon votre lieu d'affectation, vous aurez l'occasion de voyager par différents moyens de transport comme l'automobile, le bateau et l'avion affrété.

Vous ferez des mesures de débit à gué dans des cours d'eau, à partir de petits bateaux et à partir de téléphériques et de ponts. Vous profiterez d'équipement électronique du dernier cri, notamment des plates-formes de collecte de données, des enregistreurs de données, des ordinateurs portatifs et des ordinateurs de bureau. La *Division des relevés hydrologiques du Canada* comprend plus de 200 employés répartis dans 32 bureaux dans l'ensemble du Canada. Grâce aux cours de formation, aux missions sur le terrain, aux réunions, vous aurez l'occasion de rencontrer beaucoup de vos collègues. De plus, vous aurez l'occasion de parler de votre travail à des groupes de personnes comme des élèves ou des membres de clubs philanthropiques ou pendant des événements spéciaux comme la Semaine canadienne de l'environnement.

Nous espérons que vous trouverez le travail stimulant et satisfaisant.

Bonne chance !

ANNEXE : MATÉRIEL PÉDAGOGIQUE

MATÉRIEL AUQUEL CE COURS A FAIT RÉFÉRENCE

- Cédérom du Programme d'orientation de carrière
- Guide de santé et de sécurité des activités sur le terrain
- Enregistreur de niveau d'eau
- Courantomètre normalisé et appareil de mesure des petites vitesses
- Échantillonneur de sédiments
- Recueils de données nationaux et régionaux (p. ex. le cédérom de HYDAT)
- Photographies ou images numériques de bureaux régionaux et auxiliaires
- Échantillon de manuels de travail sur le terrain, de données et de calcul et guides du fabricant
- Liste de nos normes nationales
- Documentation de formation

AIDES VISUELLES À UTILISER LORS DE LA SÉANCE D'ORIENTATION

Ces aides peuvent être des photographies pour des entretiens en tête-à-tête ou des images numériques montrant :

Travail sur le terrain type

- véhicules – camions, VTT, motoneige
- avion et hélicoptère
- technicien avec un niveau ou une mire
- mesure en hiver – perçage de trous
- mesure à gué
- bon tir de téléphérique
- bateau – embarcation conventionnelle pour les mesures avec le profileur de courant
- pont
- abri, câble, déversoir, paysage.

Travail de bureau type

- employé devant un numériseur
- employé devant un ordinateur de bureau ou portable
- instrument d'essai au banc
- hydrogramme type
- employés faisant des exposés pendant l'atelier national de 2000
- pour démontrer qu'un technicien peut devenir un superviseur ou être appelé à faire un exposé devant un club philanthropique pendant la Semaine de l'environnement, , nous pourrions peut-être en avoir un à un stand



Environment
Canada

Environnement
Canada

RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

Cours n° 1 — Types of Gauging Stations

D.L. Turgeon
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
2365 rue Albert
Régina (Saskatchewan)
Canada S4P 4K1

Droits d'auteur © 1999. Tous droits réservés.

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	OBJET ET CONTEXTE	1
2.0	OBJECTIVES	1
3.0	INTRODUCTION	1
4.0	LIMNIMÈTRES (NON ENREGISTREURS).....	2
4.1	ÉCHELLES LIMNIMÉTRIQUES (VERTICALE).....	2
4.2	LIMNIMÈTRE À FIL LESTÉ	3
4.3	SONDE LIMNIMÉTRIQUE ÉLECTRIQUE (À CONTACT)	3
4.4	AUTRES LIMNIMÈTRES NON ENREGISTREURS.....	4
4.4.1	Échelle à maximums	4
4.4.2	Échelle limnimétrique inclinée.....	4
4.4.3	Échelle limnimétrique cantilever.....	4
4.5	AUTRES OBSERVATIONS NON AUTOMATIQUES DU NIVEAU	5
4.5.1	Utilisation du niveau d'arpenteur et d'un repère de nivellement.....	5
4.5.2	Utilisation d'un ruban de mesure en acier lesté et d'un point d'altitude connue.....	5
4.5.3	Utilisation de laisses de hautes eaux	5
4.5.4	Utilisation de piquets pour marquer le bord de l'eau	5
4.5.5	Utilisation de photographies.....	6
5.0	LIMNIGRAPHERS.....	7
5.1	PUITS DE MESURE ET LIMNIGRAPHE ACTIONNÉ PAR FLOTTEUR	7
5.1.1	Puits de mesure.....	7
5.1.2	Prises d'eau	7
5.1.3	Abri pour instruments	8
5.1.4	Limnimètre.....	8
5.1.5	Limnigraphe	8
5.1.6	Repères de nivellement.....	9
5.2	SYSTÈMES PNEUMATIQUES	9
5.2.1	Abri pour instruments.....	10
5.2.2	Servomanomètre indicateur de niveau d'eau (système à injection de gaz).....	10
5.2.3	Limnigraphe.....	10
5.2.4	Limnigraphe pneumatique.....	10
6.0	INSTALLATIONS DE JAUGEAGE DES COURS D'EAU.....	11
6.1	LIMNIMÈTRE.....	11
6.2	SECTION DE CONTRÔLE.....	12
6.2.1	Section de contrôle naturelle.....	12
6.2.2	Section de contrôle artificielle.....	12
6.3	INSTALLATIONS DE JAUGEAGE.....	12

6.3.1	Jaugeage à gué	13
6.3.2	Jaugeage sur pont.....	13
6.3.3	Pont de jaugeage	13
6.3.4	Jaugeage par téléphérique.....	13
6.3.5	Jaugeage par bateau	13
6.3.6	Jaugeage sous la glace	13
7.0	TYPES D'EXPLOITATION	14
7.1	EXPLOITATION SAISONNIÈRE	14
7.2	EXPLOITATION CONTINUE	14
7.3	EXPLOITATIONS DIVERSES	15
8.0	RÉSUMÉ.....	16
9.0	MANUELS ET RÉFÉRENCES	17
9.1	MANUELS	17

1.0 OBJET ET CONTEXTE

Ce cours fait partie d'un ensemble de cours essentiels du curriculum du *Programme d'orientation de carrière*. Les nouveaux techniciens doivent assimiler cette matière au début de leur carrière. Le texte fournit l'information générale nécessaire dans les cours suivants. Les techniciens doivent connaître les principaux types de stations de jaugeage exploités par la *Direction des ressources en eau* avant d'être initiés aux méthodes de collecte des données sur le terrain ou au calcul des données. Des informations plus détaillées seront fournies dans des cours ultérieurs.

2.0 OBJECTIVES

The objective of this lesson package is to provide the new technician with a general overview of the types of gauging stations operated by the *Water Survey of Canada*.

The package presents the essential features of a gauging installation and the different combinations and variations of water level recording equipment and discharge measurement facilities. It also describes operation schedules, including the type of record collected for seasonal, continuous or miscellaneous applications.

3.0 INTRODUCTION

Une station de jaugeage ou station hydrométrique est un endroit où sont effectués des enregistrements systématiques du niveau (de l'eau) ou du niveau et du débit. Ces enregistrements sont utilisés pour permettre d'établir à chaque station de mesure de l'écoulement une relation hauteur-débit à partir de laquelle on peut produire des enregistrements journaliers du débit des cours d'eau. Le niveau est enregistré par rapport à l'altitude d'un repère de nivellement déterminée lors de l'implantation de la station de jaugeage.

Il existe deux types de stations de jaugeage :

- I. Stations à limnimètres (non enregistreurs)
- II. Stations à limnigraphes (automatiques).

Les deux types de stations peuvent être utilisés pour recueillir des données sur le débit ainsi que des mesures du niveau de l'eau. Un grand nombre de types ou de combinaisons d'instruments et d'équipement peuvent être utilisés pour chaque type de station.

4.0 LIMNIMÈTRES (NON ENREGISTREURS)

Des lectures du niveau de l'eau peuvent être obtenues de deux manières. Il peut être observé à l'aide d'une échelle installée en permanence ou mesuré directement au moyen d'un niveau d'arpenteur.

Parmi les différents types de limnimètres utilisés mentionnons :

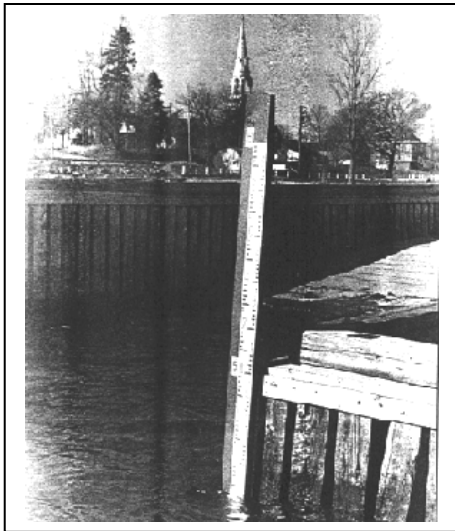
- l'échelle limnimétrique,
- le limnimètre à fil lesté et
- la sonde limnimétrique électrique (à contact).

La station de jaugeage non automatique consiste en un limnimètre ou un repère sur lequel le niveau de l'eau peut être lu aux intervalles souhaités. Le personnel affecté aux levés hydrométriques ou un observateur embauché à cette fin effectuent ces lectures.

Toutes les stations de jaugeage non automatiques comportent un ou plusieurs limnimètres. Les limnimètres les plus couramment utilisés sont décrits ci-après.

4.1 ÉCHELLES LIMNIMÉTRIQUES (VERTICALE)

Le limnimètre le plus couramment utilisé est l'échelle limnimétrique verticale. Elle consiste en plaques d'acier émaillé graduées d'un mètre de longueur fixées verticalement sur un support. Le support peut être fixé en permanence à une culée ou une pile de pont, ou à un quai (figure 1).

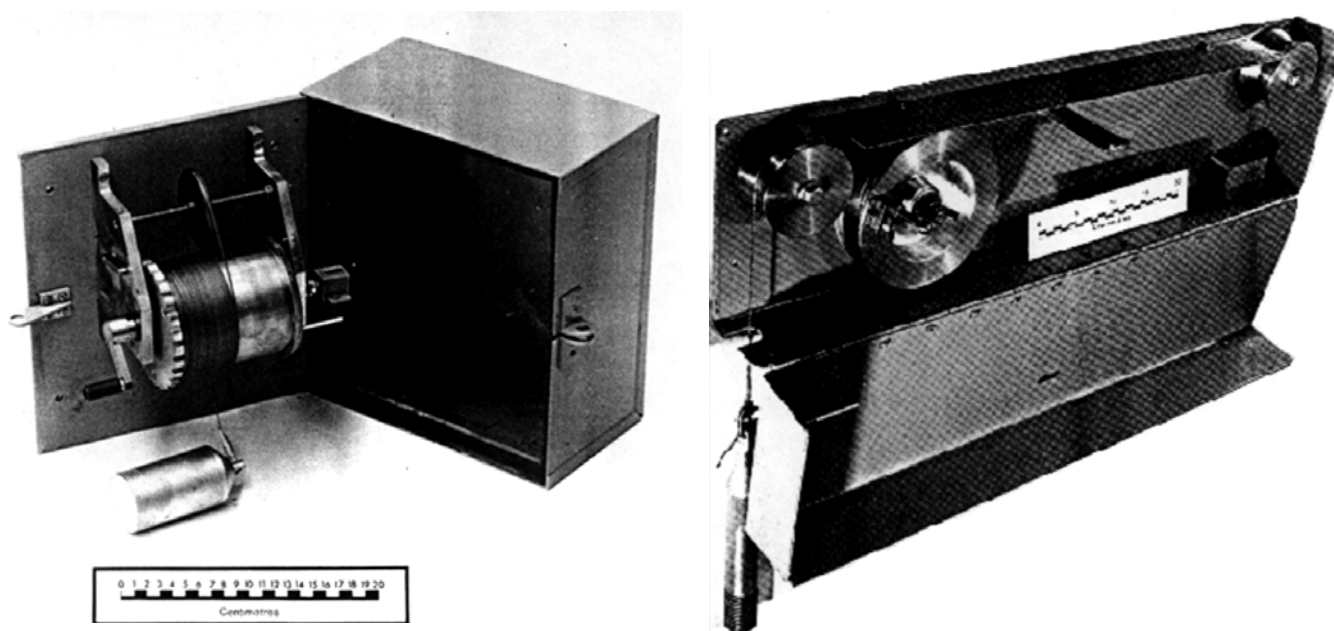


4.2 LIMNIMÈTRE À FIL LESTÉ

Le limnimètre à fil lesté (LFL) consiste en un tambour et un câble d'acier dans un boîtier en métal verrouillable. Un compteur est relié à l'axe du tambour dont l'un des bords porte un repère (figure 2). Le câble auquel est fixé un poids est enroulé sur le tambour en une seule couche de tours. Lorsque le LFL est correctement fixé à un ouvrage stable et permanent, comme un parapet de pont, aucun obstacle ne doit se trouver sur la course du poids jusqu'à la surface de l'eau.

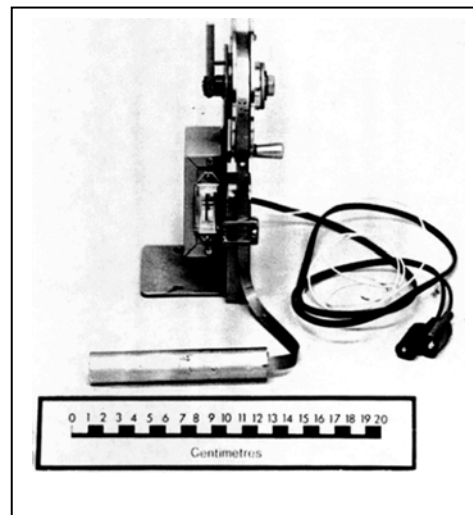
Pour effectuer une lecture à l'aide du limnimètre, il faut abaisser le poids jusqu'à ce qu'il touche la surface de l'eau, puis lire le compteur fixé au tambour et la position du repère sur le bord du tambour.

Il existe plusieurs variantes du LFL dans lesquelles un câble jalonné et un repère fixe fermement fixé au boîtier permettent de lire le niveau de l'eau (figure 3). Dans les limnimètres de ce genre le tambour ne sert qu'à remiser le câble. Pour effectuer une lecture à l'aide d'un LFL de ce type, abaissez le poids jusqu'à la surface de l'eau puis combinez la lecture du câble jalonné à celle du repère de métal fixe au point d'intersection des deux.



4.3 SONDE LIMNIMÉTRIQUE ÉLECTRIQUE (À CONTACT)

La sonde limnimétrique électrique comprend un ruban en acier inoxydable gradué en millimètres. Un poids cylindrique est fixé à l'extrémité du ruban. Cette sonde est conçue de manière à ce qu'un circuit électrique soit fermé lorsque le poids atteint la surface de l'eau. La lecture du ruban s'effectue au repère sur le support de la bobine. Ce type de limnimètre sert à faire des relevés dans un puits soit trop étroit, soit trop profond pour permettre à l'observateur d'y descendre de manière sécuritaire pour lire une échelle limnimétrique.



4.4 AUTRES LIMNIMÈTRES NON ENREGISTREURS

Les autres limnimètres non enregistreurs consistent habituellement en combinaisons ou en modifications des types plus courants. Ils peuvent être utilisés pour compléter les lectures effectuées avec le limnimètre principal ou pour les observations d'événements spéciaux. Mentionnons entre autres l'échelle à maximums, l'échelle limnimétrique inclinée et l'échelle limnimétrique cantilever.

4.4.1 Échelle à maximums



L'échelle à maximums consiste en un tuyau fixé à une échelle limnimétrique. Le tuyau renferme de la poussière de liège ou un flotteur en plastique (figures 5 et 6).

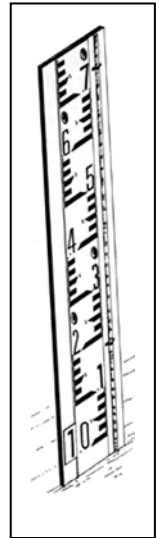
Les échelles à maximums sont habituellement installées avec une échelle limnimétrique et sont utilisées à deux fins :

1. pour le relevé de données sur le niveau de pointe pouvant être atteint en l'absence de l'observateur ou
2. comme appareil de secours en cas de panne d'un limnimètre enregistreur automatique.

Une lecture est effectuée en observant le niveau maximum atteint par le matériau indicateur.

4.4.2 Échelle limnimétrique inclinée

Une échelle limnimétrique inclinée est utilisée lorsque des berges en pente douce rendent peu pratique l'utilisation d'une échelle limnimétrique verticale. Une échelle limnimétrique inclinée devrait également être utilisée lorsqu'une échelle limnimétrique verticale classique serait vraisemblablement endommagée par la glace ou d'autres débris.



4.4.3 Échelle limnimétrique cantilever

L'échelle limnimétrique cantilever est une poutre cantilever horizontale dont une extrémité est suspendue au-dessus de l'eau et l'autre fixée à la berge ou en un autre endroit accessible. Des plaques d'échelle limnimétrique sont fixées le long de la partie supérieure de la poutre. Un câble jaloné, avec un poids suspendu à son extrémité du côté du cours d'eau, court le long de la partie supérieure de la poutre sur les plaques de l'échelle limnimétrique en passant par une poulie à l'extrémité de la poutre. Un limnimètre de ce type est utilisé aux endroits où il serait difficile d'installer une échelle limnimétrique verticale ou bien lorsqu'il n'y a ni pont ni autre ouvrage sur lequel installer un limnimètre à fil lesté.

4.5 AUTRES OBSERVATIONS NON AUTOMATIQUES DU NIVEAU

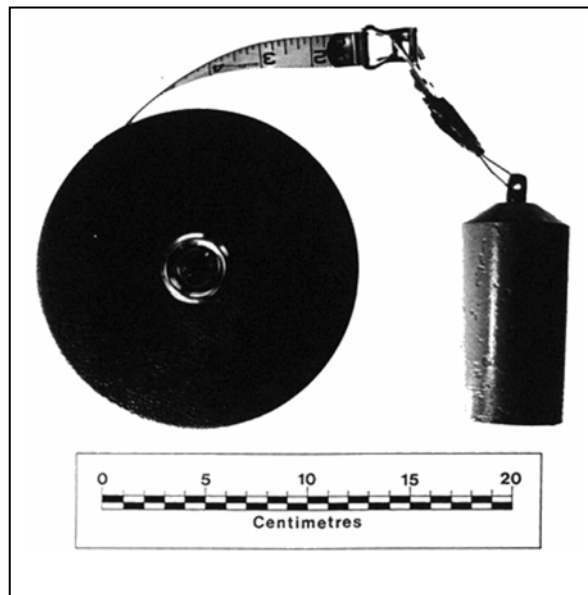
Il y a trois raisons pour lesquelles il n'est pas pratique d'installer un limnimètre non enregistreur classique dans certaines stations de jaugeage — l'état du chenal, la probabilité de vandalisme ou la courte durée pendant laquelle les observations seront nécessaires —. Les sections suivantes décrivent cinq autres méthodes d'observation.

4.5.1 *Utilisation du niveau d'arpenteur et d'un repère de nivellement*

Utilisez un niveau d'arpenteur pour déterminer la différence d'altitude entre un repère de nivellement d'altitude connue et la surface de l'eau.

4.5.2 *Utilisation d'un ruban de mesure en acier lesté et d'un point d'altitude connue*

Effectuez une mesure directe entre un point d'altitude connue (point de référence) et la surface de l'eau au moyen d'un ruban de mesure en acier lesté (figure 7).



4.5.3 *Utilisation de laisses de hautes eaux*

Lorsque les cours d'eau débordent ou qu'il est impossible d'effectuer la lecture de l'échelle limnimétrique pour une raison ou une autre pendant les épisodes de niveaux de pointe,

1. déterminez le niveau maximum au moyen de niveaux entre un repère de nivellement et les laisses de hautes eaux (LHE);
2. recherchez soigneusement les indications de laisses de hautes eaux sur approximativement 200 m en amont et en aval du limnimètre;
3. jalonnez les laisses de hautes eaux, de préférence sur les deux rives, au moyen de piquets;
4. tirez des lignes de niveau entre le repère de nivellement et les piquets afin de déterminer le niveau de pointe moyen et sa pente le long du tronçon.

Il est également possible d'utiliser les données du levé pour déterminer le débit de pointe. Les relevés par la méthode pente-section seront décrits dans le cadre d'un autre cours.

4.5.4 *Utilisation de piquets pour marquer le bord de l'eau*

Lorsque le limnimètre ordinaire est inutilisable parce qu'il est submergé ou endommagé, il peut être demandé aux observateurs de marquer le bord de l'eau à l'aide de piquets. La date et l'heure de l'observation devraient être inscrites sur les piquets. Plus tard, après que l'eau se soit retirée, tirez des lignes de niveau entre le repère de nivellement et la base de chaque piquet afin de déterminer les niveaux de l'eau.

4.5.5 Utilisation de photographies

Prenez des photographies afin de documenter des conditions inhabituelles à l'emplacement d'un limnimètre. Les ouvrages permanents à proximité du limnimètre devraient apparaître sur les photographies à titre de points de référence pour les analyses futures. Toutes les photographies devraient être bien identifiées et porter le nom de la station, l'heure, la date et tout autre renseignement pertinent comme la hauteur de l'eau au limnimètre au moment où la photo a été prise.

5.0 LIMNIGRAPHERS

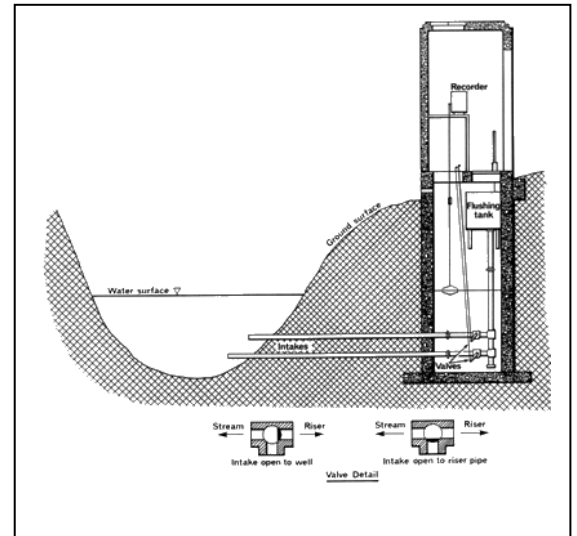
Des limnigraphes sont souvent installés aux stations de jaugeage où les services d'un observateur ne sont pas facilement disponibles, ou lorsque l'on souhaite obtenir un enregistrement ininterrompu du niveau en raison de fluctuations quotidiennes. Idéalement, des enregistreurs automatiques devraient être installés dans toutes les stations de jaugeage.

Soulignez les points ci-haut mentionnés.

Un limnigraphe se compose de deux parties principales :

- i. un capteur indiquant les niveaux de l'eau et
- ii. des instruments d'enregistrement de ces niveaux.

La position du style du limnigraphe sur le papier d'enregistrement correspond à la hauteur du niveau de l'eau observée sur un limnimètre de référence.



Indiquez sur le tableau-papier les deux principaux types d'installations automatiques de jaugeage.

Les deux principaux types d'installations automatiques de jaugeage sont le puits de mesure avec limnigraphe à flotteur et les systèmes pneumatiques.

5.1 PUIITS DE MESURE ET LIMNIGRAPHE ACTIONNÉ PAR FLOTTEUR

Une installation type comprend un puits de mesure avec prises d'eau, un abri pour les instruments (figure 8), un enregistreur de niveau de l'eau, un limnimètre et au moins deux repères de nivellement. Des puits de mesure sont généralement construits aux emplacements permanents de jaugeage où les rives ne sont pas soumises à l'affouillement ou à l'érosion.

Référez-vous à la figure 8 en examinant les principaux éléments.

5.1.1 Puits de mesure

Un puits de mesure est un puits vertical en bois, en métal, en béton ou en un autre matériau convenable. Il est creusé dans la rive ou fixé solidement à une structure stable existante comme un quai ou une culée de pont. Un puits de mesure bien construit doit être assez profond pour permettre de couvrir toute la plage des variations prévues du niveau, et le niveau de l'eau doit y être le même que dans le lac ou le cours d'eau adjacent. Lorsque l'énergie électrique n'est pas commercialement disponible, certains puits de mesure sont munis d'un plancher isolé, d'un cylindre contenant une couche d'huile ou d'une chaufferette pour empêcher que l'eau ne gèle autour du flotteur.

5.1.2 Prises d'eau

Des prises d'eau relient le puits au cours d'eau ou au lac. Une installation type dans la rive comprend deux conduites : un tuyau comme prise inférieure et un tuyau ou une conduite en bois comme prise supérieure. Le tuyau devrait être relié à un système de dévasage permettant d'éliminer les accumulations de limon. Les prises d'eau devraient être installées perpendiculairement au cours d'eau afin de prévenir les baisses et montées subites du niveau dans le puits et pour assurer un effet d'amortissement des variations rapides du niveau de l'eau aux

stations où il y a écoulement. Certaines prises d'eau sont munies d'un tube de pression statique qui empêche les baisses et montées subites de l'eau dans le puits. Ce tube est un court tuyau perforé fixé à l'extrémité de la prise d'eau par un coude à 90 °. Le tube de pression statique est placé de manière à pointer vers l'aval. Afin de prévenir le gel, les prises d'eau peuvent être enveloppées d'un ruban chauffant alimenté en énergie électrique sous tension de 110 V commercialement distribuée ou par une génératrice portable.

Expliquez les expressions baisse et montée subites.

Aux stations en cours d'eau, une boîte en bois est parfois installée approximativement à 0,5 m au-dessus de la prise inférieure et à la même altitude que le repère de nivellement ou un peu plus haut. Cette boîte constitue un raccordement de remplacement avec le puits lorsque la prise d'eau inférieure est bouchée par la glace ou autre chose.

5.1.3 Abri pour instruments

Un abri protège les instruments contre les intempéries et le vandalisme.

Il existe divers types d'abris de différentes dimensions depuis la guérite métallique ordinaire à l'abri de type « enceinte » en contreplaqué muni de pentures couramment utilisé dans les installations de type californiennes. Ces derniers sont fixés au sommet de puits de mesure constitués d'un ponceau de faible diamètre installé à la verticale.

La plupart des stations exploitées à l'année sont munies de guérites isolées. Pendant l'hiver, les abris sont chauffés à l'électricité distribuée par le réseau commercial ou au moyen d'une chaufferette au gaz propane. Les abris destinés aux stations septentrionales peuvent être équipés d'un ensemble de protection destiné à l'Arctique qui consiste en une enceinte très bien isolée placée à l'intérieur de l'abri afin de conserver la chaleur autour des instruments.

5.1.4 Limnimètre

Toutes les installations avec puits de mesure sont munies d'un ou de plusieurs limnimètres. Lors de chaque visite, un de ces limnimètres est utilisé pour régler le style ou le compteur du limnigraphe.

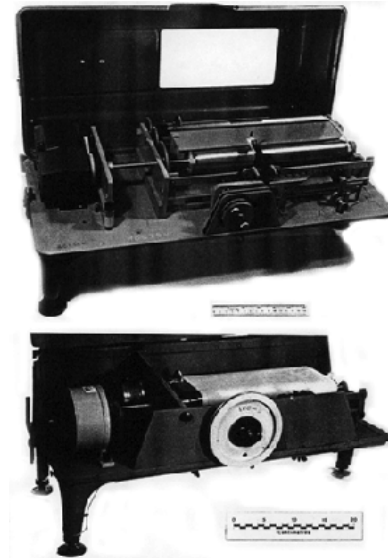
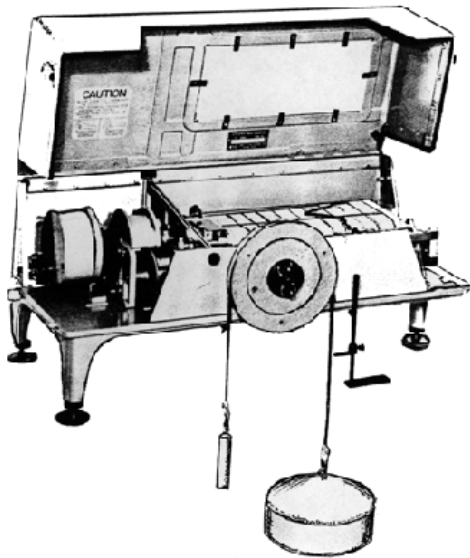
Dans les installations avec puits de mesure on trouve couramment une échelle limnimétrique intérieure. On y accède par une trappe dans le plancher et une échelle solidement fixée à la paroi du puits. D'autres installations peuvent être équipées de limnimètres d'utilisation facile comme une sonde limnimétrique électrique ou un limnimètre à fil lesté avec repère. Ces limnimètres sont plus sécuritaires et plus faciles à utiliser dans les puits profonds.

Pour les observations non automatiques du niveau de l'eau on peut utiliser divers autres types de limnimètres comme les limnimètres cantilever ou bien les repères de nivellement. Le type de limnimètre utilisé dépendra des caractéristiques physiques d'une installation particulière. Il faut toujours régler les limnimètres par rapport au niveau de référence courant et en déterminer la hauteur par rapport au repère de nivellement.

Expliquez le fonctionnement des deux types de limnigraphes (se référer aux figures 9 et 10).

5.1.5 Limnigraphe

L'appareil enregistreur le plus couramment utilisé par la *Division des relevés hydrologiques du Canada* est le limnigraphe Stevens de type A (figures 9 et 10). Divers types d'enregistreurs et de codeurs numériques sont parfois utilisés à des fins spéciales.



Les limnigraphes destinés aux installations avec puits de mesure sont actionnés par flotteur. Un flotteur dans le puits transmet à l'enregistreur les variations du niveau de l'eau. Le flotteur est relié au limnigraphe par un fil à boules ou une bande perforée qui entraîne une poulie fixée à l'arbre d'entraînement du limnigraphe. Le fil ou la bande du flotteur doit pendre à la verticale. Aucun obstacle ne doit nuire aux déplacements verticaux du flotteur résultant de variations du niveau de l'eau.

5.1.6 Repères de nivellement

Il y a au moins deux repères de nivellement à l'emplacement de chaque station. Ils servent à déterminer le niveau de référence à l'emplacement de la station pendant toute la durée de son exploitation. Des lignes de niveau sont périodiquement tirées depuis les repères de nivellement jusqu'aux limnimètres afin de vérifier que ces derniers n'ont pas bougé ainsi que pour permettre de porter au besoin les corrections du niveau de référence sur l'enregistrement des niveaux de l'eau.

Les repères de nivellement secondaires sont implantés afin que le niveau de référence du limnimètre ne soit pas perdu si le repère de nivellement principal était détruit. Ils permettent également de vérifier la stabilité des repères de nivellement eux-mêmes.

5.2 SYSTÈMES PNEUMATIQUES

Des systèmes pneumatiques sont utilisés :

1. lorsque l'installation ou l'exploitation d'un puits de mesure est peu pratique ou coûteuse,
2. aux endroits où la plage de variations prévues du niveau de l'eau est excessive ou
3. lorsqu'un limnigraphe est nécessaire temporairement ou pour des essais.

Les systèmes pneumatiques sont basés sur le principe voulant que la pression en un point fixe sous la surface de l'eau est proportionnelle à l'épaisseur de l'eau au-dessus de ce point ou à la charge hydraulique.

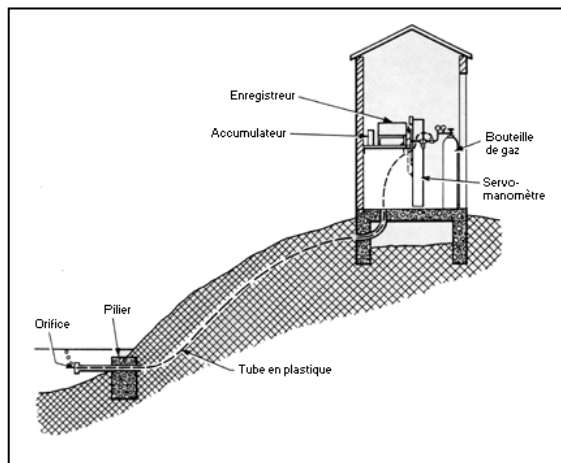
Référez-vous à la figure 11.

Une installation pneumatique type (figure 11) comprend :
 (a) un abri pour les instruments; (b) un servomanomètre indicateur de niveau d'eau (système à injection de gaz); (c) un enregistreur de niveau. Un enregistreur pneumatique complet avec système à injection de gaz peut également être utilisé.

5.2.1 Abri pour instruments

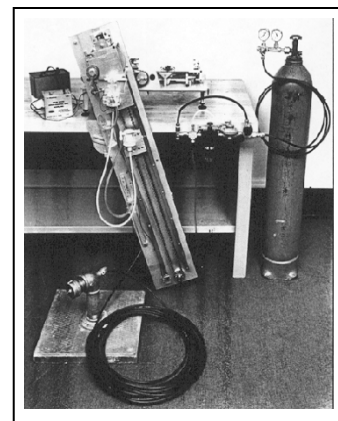
Une guérite métallique ordinaire isolée loge les instruments enregistreurs. Cet abri repose habituellement sur une dalle de béton. Dans les installations septentrionales et aux emplacements de jaugeage temporaires les abris reposent souvent sur des fondations en bois traité et en contreplaqué.

Référez à la figure 12.



5.2.2 Servomanomètre indicateur de niveau d'eau (système à injection de gaz)

Par le servomanomètre indicateur de niveau à injection de gaz, de l'azote comprimé est canalisé dans un tube ancré dans le cours d'eau ou le lac jusqu'à un orifice par lequel on le laisse s'échapper. À l'orifice, la résistance à la pression exercée par l'eau sur le gaz qui s'échappe est transmise par le tube jusqu'à une colonne de mercure dans le manomètre. Cette variation de pression actionne un interrupteur à flotteur à mercure qui commande la mise en marche d'un moteur électrique. Le moteur élève ou abaisse le niveau dans le réservoir à mercure pour stabiliser la pression. Le moteur entraîne simultanément un arbre relié au limnigraphe par une chaîne et des roues dentées (figure 12).



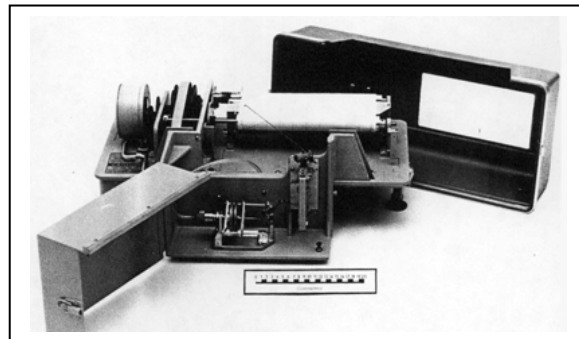
5.2.3 Limnigraphe

Le limnigraphe Stevens de type A entraîné par un ressort spiral à couple quasi constant ou par un moteur électrique est habituellement utilisé dans les systèmes entraînés par un manomètre. Différents types d'enregistreurs ou de codeurs numériques peuvent également être entraînés par un manomètre.

Référez à la figure 13.

5.2.4 Limnigraphe pneumatique

Le limnigraphe pneumatique est un enregistreur Stevens de type A modifié. Un élément sous pression et un dispositif d'entraînement du style remplacent le dispositif à flotteur et le chariot du style (figure 13). Avec le limnigraphe pneumatique on utilise le même système à injection de gaz, c.-à-d. azote comprimé, régulateur Conoflow, tube et orifice.



6.0 INSTALLATIONS DE JAUGEAGE DES COURS D'EAU

Avant l'installation en permanence d'une station de jaugeage, une reconnaissance sur le terrain et un levé du tronçon du cours d'eau doivent être effectués afin de déterminer le meilleur emplacement pour la station. L'emplacement est habituellement choisi en fonction des caractéristiques physiques du chenal du cours d'eau.

Une station de jaugeage doit comporter —

- un limnimètre,
- une section de contrôle et
- des installations pour la mesure des débits —.

Énumérez les trois éléments essentiels sur le tableau. papier.

6.1 LIMNIMÈTRE

Dans les sections précédentes on a décrit les divers types de limnimètres. Un limnimètre est essentiel pour l'établissement d'une relation hauteur-débit.

Indiquez les principales caractéristiques sur le tableau. papier à l'aide de la liste ci-après.

Les facteurs suivants sont à prendre en considération lors de l'installation d'un limnimètre en vue de l'obtention de données sur le débit :

1. L'écoulement ne devrait pas être turbulent (laminaire) dans la section retenue.
2. La section devrait présenter une bonne pente qui ne soit toutefois pas excessive.
3. La section devrait être facile d'accès, en particulier par mauvais temps.
4. L'emplacement devrait présenter de bonnes conditions physiques de contrôle ou au besoin convenir à la construction d'une section artificielle de contrôle.
5. L'emplacement devrait se situer assez loin en amont de la confluence du cours d'eau avec d'autres cours d'eau ou des réservoirs afin d'éviter qu'il y ait refoulement en périodes de crue.
6. L'emplacement devrait comporter un bassin pour l'installation du limnimètre, de préférence à l'amont d'un seuil. Cela permet de recueillir des données pour toute la plage des niveaux et assure que le niveau puisse être relevé même en période d'écoulement extrêmement faible.
7. Le tronçon devrait être rectiligne et le cours d'eau y être bien confiné par des berges stables.
8. Le tronçon devrait présenter des caractéristiques physiques convenables ou se prêter à la construction de radiers de jaugeage à gué. Pour les mesures en situation d'écoulement élevé, il est habituellement souhaitable de disposer d'un pont sur une section bien confinée. S'il n'y a pas de pont, le chenal devrait présenter une section bien confinée aux berges élevées convenant pour la construction d'un téléphérique ou d'un pont pour le jaugeage, ou encore une section convenant à la fixation d'un câble de mesurage.
9. L'emplacement devrait être alimenté commercialement en énergie électrique, en particulier dans le cas des stations qui seront exploitées par temps froid.

10. Dans certains cas, un observateur devrait être disponible, par exemple lorsque l'utilisation d'un limnimètre est nécessaire, lorsque l'alimentation en énergie électrique n'est pas disponible pendant les périodes de températures inférieures au point de congélation, ou lorsqu'il n'est pas pratique d'assurer le chauffage au gaz propane comme dans le cas des installations de type « californiennes ».

6.2 SECTION DE CONTRÔLE

L'expression « section de contrôle » réfère aux conditions physiques à l'aval d'un limnimètre qui déterminent la relation hauteur-débit. Une section de contrôle complète en est une permettant de déterminer la relation hauteur-débit pour toute la plage des niveaux de l'eau.

Il arrive plus couramment qu'aucune section de contrôle ne soit efficace pour toute la plage des niveaux. Il en résulte alors une section de contrôle composée à la station de jaugeage.

La section de contrôle peut être **naturelle** ou **artificielle**.

Indiquez les deux types de sections de contrôle, « naturelle », et « artificielle » sur le tableau. papier et élaboriez.

6.2.1 Section de contrôle naturelle

Un chenal de contrôle naturel existe lorsque les caractéristiques physiques du chenal déterminent la relation hauteur-débit. Les seuils et les rapides constituent des exemples de contrôle naturel.

6.2.2 Section de contrôle artificielle

Parmi les sections de contrôle artificielles mentionnons :

- le contrôle au moyen de roches ou de gravier mis en forme
- les déversoirs à seuil épais ou entaillés en V
- les canaux jaugeurs H
- les canaux jaugeurs de Parshall
- les déversoirs à palplanches.

6.3 INSTALLATIONS DE JAUGEAGE

Énumérez les principales caractéristiques sur le tableau. papier.

Idéalement, la section transversale de mesure devrait présenter :

1. une profondeur relativement uniforme,
2. un écoulement aux caractéristiques laminaires et
3. une vitesse uniforme partout.
4. La section de mesure devrait être située près du limnimètre afin qu'il soit possible d'obtenir des niveaux moyens de l'eau précis pour chaque mesure, même lorsque le niveau varie rapidement pendant l'obtention des mesures.

Énumérez les types de mesures sur le tableau. papier et discutez.

Le débit des cours d'eau peut être mesuré par jaugeage à gué, depuis un pont, depuis un transporteur aérien, par bateau ou depuis une couverture glacielle.

Les divers types de section de mesure sont énumérés ci-après.

6.3.1 Jaugeage à gué

Les mesures effectuées à gué sont préférées aux autres types de mesures. Il n'est habituellement possible d'effectuer des jaugeages à gué que par des profondeurs relativement faibles et à des vitesses moyennes du courant. Les jaugeages à gué sont considérés les plus précis parce que l'observateur est en contact plus étroit avec l'équipement et les conditions.

6.3.2 Jaugeage sur pont

Sous les ponts destinés à la circulation routière, les écoulements moyens et forts sont habituellement confinés. Le technicien peut obtenir des mesures avec un minimum d'efforts et une précision assez bonne selon la configuration de la structure du pont ainsi que sa position dans le chenal. Idéalement, les ponts utilisés devraient recouper le chenal à 90 ° de la direction de l'écoulement.

6.3.3 Pont de jaugeage

Un pont de jaugeage peut également être construit lorsque le cours d'eau présente de manière caractéristique une plage de niveaux de l'eau peu étendue et lorsque l'écoulement dans la section du cours d'eau est bien confiné à une section étroite, généralement d'une largeur inférieure à 15 m. Les ponts de jaugeage sont moins coûteux et plus faciles à utiliser que les téléphériques, et il est souvent possible d'utiliser un ensemble de perches d'hiver plutôt qu'un chassis pour pont.

6.3.4 Jaugeage par téléphérique

Lorsqu'il n'existe aucun pont pour la circulation routière à proximité du limnimètre, ou lorsqu'un pont existant ne convient pas pour les mesures par niveau de l'eau élevé, il est possible d'utiliser un téléphérique.

6.3.5 Jaugeage par bateau

Une section de jaugeage par bateau est une section de chenal uniforme rectiligne avec des berges assez élevées pour permettre d'y tendre un câble de mesure. L'installation peut comporter un câble de mesure installé en permanence ou des points permanents d'ancrage d'un câble de mesure.

6.3.6 Jaugeage sous la glace

En hiver, les mesures du débit sont souvent obtenues directement depuis une surface de glace. Un équipement spécialisé est nécessaire à cette fin. Les mesures effectuées depuis une couverture glacielle ne sont pas nécessairement effectuées au même endroit que les mesures en eau libre de glace. L'état du chenal après l'englacement dictera le choix du meilleur emplacement pour les mesures depuis la glace.

7.0 TYPES D'EXPLOITATION

Énumérez les trois types d'exploitation sur le tableau–papier et discutez des exemples de chacun.

Selon les exigences relatives aux données à recueillir, les stations hydrométriques peuvent être exploitées de manière saisonnière, de manière ininterrompue ou selon divers calendriers d'exploitation.

7.1 EXPLOITATION SAISONNIÈRE

Les stations saisonnières sont exploitées moins de douze mois chaque année. Elles sont habituellement exploitées de mars à octobre, mais peuvent l'être pendant toute autre période selon l'objet de chaque station. Par exemple, les stations de jaugeage de l'écoulement restitué à des fins d'irrigation peuvent n'être exploitées que pendant la saison d'irrigation. D'autres stations saisonnières peuvent normalement être à sec de novembre à février de sorte qu'un enregistrement continu n'est pas nécessaire.

7.2 EXPLOITATION CONTINUE

Les stations exploitées de manière continue le sont douze mois par année. À titre d'exemples mentionnons :

1. les stations situées sur de grands cours d'eau, lacs ou réservoirs,
2. les stations interprovinciales,
3. certaines stations internationales et
4. les stations situées sur des cours d'eau utilisés pour la production d'hydro-électricité.

Énumérez sur le tableau–papier les critères de fréquence des visites.

La fréquence des visites des stations par le personnel oeuvrant en hydrométrie varie :

1. Les stations limnimétriques sont habituellement visitées une fois par mois.
2. Les stations de jaugeage sont visitées à des intervalles suffisants pour définir la relation hauteur–débit ou pour obtenir des corrections de la courbe. Les visites sont habituellement plus fréquentes pendant le ruissellement printanier ou les périodes de refoulement variable d'eau causées par les conditions glacielles, l'activité des castors, etc.
3. Les visites des stations septentrionales ou éloignées dépendent de l'accessibilité ou des coûts d'accès. Par exemple, pendant l'hiver l'épaisseur de la glace aux emplacements d'atterrissage exige que les visites soient effectuées à bord d'aéronefs à voilure fixe.
4. Il peut être nécessaire de visiter plus fréquemment une station pour laquelle il existe des besoins spécifiques. Par exemple, le personnel oeuvrant en hydrométrie peut visiter une station plus fréquemment

lorsqu'il faut établir une nouvelle relation hauteur-débit ou définir les écoulements de pointe pendant un orage estival.

7.3 EXPLOITATIONS DIVERSES

Une station peut être exploitée de manière irrégulière pour répondre à un besoin spécifique. L'ampleur des données à recueillir dictera :

1. le type de station de jaugeage nécessaire
2. la période d'exploitation
3. la fréquence des visites.

Présentez des exemples sur le tableau-papier.

L'installation peut comporter ou non des appareils ordinaires de jaugeage. Par exemple, pour obtenir une indication approximative du ruissellement provenant d'un bassin versant particulier, un cours d'eau peut être jaugeé sans que soient installés les appareils ordinaires de jaugeage.

Des stations de jaugeage temporaires peuvent être établies aux fins d'études spéciales, comme pour la détermination des écoulements restitués ou des pertes par un chenal dans le cas d'un projet d'irrigation. Ces stations sont généralement démontées à la fin de l'étude.

8.0 RÉSUMÉ

Un grand nombre de types de limnimètres non enregistreurs et de limnigraphes peuvent être combinés de diverses manières selon :

1. les exigences fondamentales des appareils,
2. l'objet de l'installation de l'appareil ou
3. les caractéristiques physiques de l'emplacement de jaugeage.

Le technicien en hydrométrie doit se familiariser avec tous les aspects des stations de jaugeage afin de recueillir des enregistrements des niveaux d'eau de bonne qualité et ainsi jouer le rôle attendu de lui dans le cadre du respect des normes nationales de collecte de données.

À ce stade, répondez à toute question concernant le cours et élaborer sur tout sujet non compris par les participants.

9.0 MANUELS ET RÉFÉRENCES

9.1 MANUELS

Environnement Canada (1981), Manuel pratique de levés hydrométriques Jaugeage des cours d'eau, Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 37 p.

Environnement Canada (1983), Manuel pratique de levés hydrométriques – Mesure de niveaux, Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 47 p.

Environnement Canada (1984), Guide d'inspection des stations de jaugeage, Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 19 p.

9.2 RÉFÉRENCES

United States Geological Survey (1982). Measurement and Computation of Streamflow : Measurement of Stage and Discharge, Water Supply Paper 2175, Washington, 284 p.



Environment
Canada

Environnement
Canada

RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

Cours n° 2 — Choix de l'emplacement

R.A. Rees
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
75 rue Farquhar
Guelph (Ontario)
Canada N1H 3N4

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	OBJET ET CONTEXTE	1
2.0	OBJECTIFS	1
3.0	INTRODUCTION	1
4.0	CRITÈRES DE CHOIX D'UN EMPLACEMENT	2
4.1	INTRODUCTION	2
4.2	LA SECTION DE CONTRÔLE	2
4.3	LE LIT DU COURS D'EAU	8
4.4	LES BERGES DU COURS D'EAU	8
4.5	LE CHENAL DU COURS D'EAU	8
4.6	LA SECTION DE MESURE.....	8
4.7	ACCESSIBILITÉ.....	8
4.8	DISPONIBILITÉ DES SERVICES	8
4.9	BASSIN DU LIMNIMÈTRE.....	8
4.10	AMÉLIORATIONS DU CHENAL.....	8
4.11	CRITÈRES ASSOCIÉS AUX REPÈRES DE NIVELLEMENT	9
4.12	MESURE DES SÉDIMENTS	9
5.0	PROCÉDURES DE SÉLECTION D'UN EMPLACEMENT	10
5.1	ÉTUDE AU BUREAU	10
5.2	ÉTUDE SUR LE TERRAIN	10
5.2.1	<i>Faibles écoulements.....</i>	<i>10</i>
5.2.2	<i>Écoulements forts</i>	<i>10</i>
5.2.3	<i>Section de mesure.....</i>	<i>11</i>
5.2.4	<i>Refoulement d'eau.....</i>	<i>11</i>
5.2.5	<i>Tronçon tidal.....</i>	<i>11</i>
5.2.6	<i>Puits de mesure</i>	<i>12</i>
5.2.7	<i>Glace.....</i>	<i>12</i>
5.2.8	<i>Autres considérations.....</i>	<i>12</i>
5.2.9	<i>Conclusions.....</i>	<i>13</i>
6.0	DEMANDES DE STATIONS DE JAUGEAGE	14
6.1	INDICATEUR DE NIVEAU D'UN LAC	16
6.2	INDICATEUR DE PRÉVISION DE CRUES.....	17
6.2	INDICATEUR DE PRÉVISION DE CRUES.....	18
6.3	INDICATEUR D'ÉCOULEMENT SORTANT D'UN LAC	20
7.0	RAPPORT DE RECONNAISSANCE	21
7.0	RAPPORT DE RECONNAISSANCE	22
7.1	GÉNÉRALITÉS.....	22

7.1.1	<i>Documentation de l'installation de la jauge</i>	22
7.2	EXEMPLE DE RAPPORT POUR UN INDICATEUR DE PRÉVISION DE CRUES	23
8.0	SUMMARY	28
9.0	MANUELS ET RÉFÉRENCES	29
9.1	MANUELS	29
9.2	RÉFÉRENCES.....	29

1.0 OBJET ET CONTEXTE

L'un des rôles fondamentaux du technicien en hydrométrie consiste à recueillir en temps réel des données hydrométriques pour publication éventuelle. L'emplacement de la station de jaugeage a une incidence importante sur les coûts et sur la précision des données publiées. L'agent itinérant doit donc savoir comment convenablement choisir un emplacement. Le choix d'un mauvais emplacement peut entraîner une relocalisation coûteuse ou l'abandon de l'emplacement de jaugeage.

2.0 OBJECTIFS

L'objectif de ce cours consiste à décrire le processus du choix d'un emplacement pour station hydrométrique de jaugeage. Les critères de choix d'un emplacement seront discutés en termes de conditions hydrauliques et d'autres facteurs connexes comme l'accessibilité et la disponibilité de services. Ces critères seront illustrés grâce à plusieurs exemples de choix d'emplacement. Les méthodes de documentation de levés de reconnaissance seront décrites au moyen d'un exemple.

3.0 INTRODUCTION

La *Direction des ressources en eau* exploite et entretient un réseau de stations de jaugeage des écoulements, de mesure des niveaux d'eau et d'échantillonnage des sédiments s'étendant à l'ensemble du Canada. L'exploitation de ces stations est financée conjointement par les provinces, les territoires et d'autres organismes. La *Direction des ressources en eau* est responsable du choix des emplacements et de l'installation des instruments de jaugeage dans toutes les stations. Le présent cours porte principalement sur le processus du choix d'un emplacement.

Les emplacements sont choisis avec soin afin d'assurer une collecte efficace de données hydrométriques précises. Le choix final d'un emplacement de jaugeage est basé sur un grand nombre de facteurs dont :

- l'objet de la station hydrométrique,
- les caractéristiques géographiques de la région en cause,
- la disponibilité des services et
- les coûts d'installation et d'exploitation.

4.0 CRITÈRES DE CHOIX D'UN EMPLACEMENT

4.1 INTRODUCTION

Bien que l'emplacement idéal de jaugeage soit rare, Rantz et coll. (1982, p. 4) formulent certaines considérations fondamentales dont doit tenir compte le processus de sélection.

La situation générale d'une station de jaugeage dépendra de l'objet spécifique de l'enregistrement de l'écoulement. Si l'enregistrement est nécessaire pour la conception ou l'exploitation d'un projet hydraulique, comme un barrage ou un réservoir, la station de jaugeage devra de toute évidence être située aux environs de l'emplacement du projet. Le choix de l'emplacement d'une station de jaugeage devient cependant plus complexe lorsque la station doit être intégrée à un réseau de stations dont les enregistrements sont nécessaires pour l'étude de l'hydrologie générale d'une région. De telles études sont utilisées pour l'inventaire des ressources régionales en eau ainsi que pour élaborer des plans de développement hydraulique à long terme. Dans ce cas, la situation générale des stations individuelles du réseau doit être effectuée conformément aux principes de l'hydrologie afin d'assurer que les sommes investies pour la collecte des données permettent d'obtenir les meilleurs renseignements possibles.

Dans les sections suivantes, nous discuterons les critères à évaluer pendant le processus de sélection de l'emplacement d'une station dont la situation générale a été déterminée. Il est important que l'agent sur le terrain effectue un examen sur place de tous les emplacements possibles avant de présenter une recommandation finale.

4.2 LA SECTION DE CONTRÔLE

Pour obtenir des données précises sur le débit d'un cours d'eau particulier une relation stable entre la hauteur (niveau de l'eau) et le débit du cours d'eau (écoulement) doit être établie. Les caractéristiques physiques et hydrauliques du chenal du cours d'eau immédiatement à l'amont et à l'aval de la section de jaugeage déterminent la relation entre hauteur et débit du cours d'eau. Le terme « section de contrôle » réfère aux caractéristiques du chenal immédiatement à l'aval du limnimètre qui déterminent cette relation. Normalement, un contrôle stable produira une relation hauteur-débit stable.

Il existe des sections de contrôle naturelles stables; elles prennent l'une ou l'autre des formes suivantes :

1. Un affleurement du socle rocheux ou autre seuil stable pour les faibles écoulements.
2. Un resserrement du chenal pour les écoulements forts.
3. Une chute ou une cascade qui n'est jamais submergée, quel que soit le niveau de l'eau.

Des sections artificielles de contrôle peuvent être construites en certains emplacements de manière à assurer une relation hauteur-débit uniforme convenable.

Des exemples de divers types de sections de contrôle sont présentés aux figures 1 à 11.

Un exemple de grand déversoir en mince paroi est présenté à la figure 1. Ce déversoir est plat et d'une longueur approximative de 90 m. Il assure un excellent contrôle pendant les périodes d'écoulements moyens et forts. Il n'est pas très efficace lorsque l'écoulement est faible puisqu'une faible variation de la charge hydraulique se traduira par une variation importante du débit. Une guérite type avec puits de mesure apparaît également du côté gauche de la photographie.



Figure 1. Grand déversoir en paroi mince, rivière Trent aux chutes

La section de contrôle consiste en un affleurement du socle rocheux sur la figure 2. Un contrôle de ce type produit une relation hauteur-débit très stable. Cet emplacement présente l'avantage additionnel de comporter des berges élevées. Le chalet à droite est situé plus haut que le niveau de l'eau le plus élevé enregistré.



Figure 2. Contrôle sur socle rocheux, rivière Gull à Norland (Ontario)

Un autre exemple de station avec section de contrôle constituée par le socle rocheux est présenté à la figure 3. Il existe une bonne dénivellation verticale à l'aval de la section de contrôle. De plus les berges du cours d'eau sont élevées et stables. Cet emplacement particulier reste libre de glace pendant l'hiver en raison d'apports d'eau provenant d'un barrage situé à l'amont. Remarquez cependant que la section de mesure au pont est de mauvaise qualité parce que le pont est situé directement au-dessus des rapides.



Figure 3. Contrôle sur socle rocheux, rivière Mississauga en aval de Mississauga, lac Ontario

Les seuils naturels peuvent agir comme sections de contrôle pour les faibles écoulements. Ils deviennent habituellement inefficaces lorsque les niveaux d'eau sont moyens à élevés parce qu'ils sont alors facilement submergés. Les seuils naturels ont également tendance à ne pas être permanents. Un contrôle assuré par un seuil naturel est illustré à la figure 4. Remarquez que la stabilisation des berges est en cours à cet emplacement; lorsqu'elle aura été complétée, la section de contrôle elle-même fera l'objet de travaux contribuant à la stabiliser. À gauche sur cette photographie on peut voir un abri en aluminium avec un puits de mesure de faible diamètre. Un autre exemple de contrôle assuré par un seuil est présenté à la figure 5. Remarquez que les berges, bien que relativement élevées, sont recouvertes par la végétation, ce qui influencera la relation hauteur-débit.



Figure 4. Contrôle sur seuil naturel, ruisseau Catfish près d'Aylmer (Ontario)



Figure 5. Contrôle sur seuil naturel, ruisseau Spencer à la route n° 5 (Ontario)

À l'emplacement de certaines stations de jaugeage un contrôle en chenal peut s'avérer efficace. Une section de chenal dont les berges ont été revêtues de béton est montrée à la figure 6. Les berges sont élevées et devraient

contenir la plupart des écoulements. L'addition d'un dispositif de contrôle en béton ou en acier pour les faibles niveaux de l'eau améliorerait les conditions à cet emplacement. Cependant, un ponceau sous la route à cet endroit pourrait engendrer des embâcles de glace ou de billes.



Figure 6. Contrôle sur chenal bétonné, Hamilton (Ontario)

Une section de contrôle en gravier sujet à des déplacements mineurs est illustrée à la figure 7. Le contrôle en périodes de hautes eaux est assuré par un dalot qui est très stable. Cette figure montre également un abri enceinte de type Guelph sur la rive droite. Cet abri a été modifié pour y loger un enregistreur de données.



Figure 7. Section de contrôle sur gravier pour faible niveau de l'eau, ruisseau Jackson, Peterborough (Ontario)

Un exemple de section de contrôle avec blocs sur socle rocheux est présenté à la figure 8. Cet emplacement est situé dans une zone à forte pente. La débâcle printanière et les épisodes de niveaux d'eau élevés déplacent les blocs dans le chenal. L'enlèvement des blocs à intervalles réguliers aiderait à améliorer l'état du chenal, mais s'avèrerait coûteux.



Figure 8. Section de contrôle avec blocs sur socle rocheux, ruisseau Beaver près de Marmora (Ontario)

La construction de sections de contrôle artificielles constitue une solution viable, bien que coûteuse, à certains emplacements. Un exemple de contrôle à forme libre en béton est illustré à la figure 9. La conception de cet ouvrage de contrôle comprend une échancrure « sensible ». Une faible variation du débit en situation d'écoulement très faible produira une variation relativement importante du niveau. Lorsque le niveau est plus élevé que le sommet de l'échancrure, la sensibilité du contrôle est réduite. Un contrôle de ce genre assure une relation hauteur-débit très stable. Remarquez que ce type d'ouvrage de contrôle est « autonettoyant »; des matériaux n'adhéreront pas à cet ouvrage parce qu'il présente la même forme à l'aval qu'à l'amont.



Figure 9. Ouvrage de contrôle à forme libre en béton, près d'Ottawa (Ontario)

Un exemple de contrôle par rideau de palplanches en acier avec protection à l'aval est illustré à la figure 10. Ce dispositif de contrôle consiste en blocs empilés derrière le rideau d'acier. Les ouvrages de contrôle de ce genre conviennent sur les petits cours d'eau et sont relativement peu coûteux à construire.



Figure 10. Ouvrage de contrôle à palplanches d'acier avec enrochement, près d'Ottawa (Ontario)

D'autres types d'ouvrages de contrôle sont utilisés au pays. Un ouvrage de contrôle à gabions est illustré à la figure 11. Un gabion est une caisse en grillage placée dans le chenal et remplie de roches disponibles sur place; plusieurs gabions sont ensuite attachés ensemble. Ces ouvrages de contrôle peuvent être utilisés sur les petits cours d'eau dans lesquels de petites roches sont facilement disponibles. Toutefois, ils peuvent souvent ne pas résister à des vitesses élevées d'écoulement. Remarquez le barrage de castors sur cet ouvrage.



Figure 11. Ouvrage de contrôle à gabions, près de Val-Caron, (Ontario)

4.3 LE LIT DU COURS D'EAU

Le lit du cours d'eau ne devrait pas être sujet à l'affouillement ou au comblement, et ne comporter aucune mauvaise herbe.

4.4 LES BERGES DU COURS D'EAU

Les berges devraient être assez élevées pour contenir tous les écoulements et être libres de buissons.

4.5 LE CHENAL DU COURS D'EAU

Le chenal du cours d'eau devrait être rectiligne sur une distance égale à au moins trois fois sa largeur à l'amont comme à l'aval de la section de jaugeage. L'écoulement total, à tous les niveaux, devrait être confiné à un seul chenal.

4.6 LA SECTION DE MESURE

Une bonne section de mesure est essentielle pour le calcul de données de grande qualité sur les débits. Il est souhaitable de disposer d'une bonne section de jaugeage à gué pour les faibles niveaux. Un pont routier pourrait être utilisé aux niveaux moyens et élevés. L'installation d'un téléphérique ajoute de manière importante au coût de la station, mais peut s'avérer la seule possibilité de mesure aux niveaux élevés. La section de mesure devrait présenter une profondeur et une vitesse de l'eau uniformes, et ne comporter aucune turbulence.

4.7 ACCESSIBILITÉ

Un agent itinérant visite habituellement les stations de jaugeage à intervalles réguliers. Il est donc souhaitable et rentable que la station soit d'accès facile. Il est beaucoup moins coûteux de se rendre à une station en voiture que d'accéder à une station éloignée. Si la station est située dans une propriété privée, des dispositions légales de visite devront être prévues; cela peut exiger la location de la propriété. Il est généralement plus facile d'obtenir un accès légal aux terres de la Couronne qu'à une propriété privée. Il faut prendre note du fait que les considérations d'ordre hydraulique peuvent être plus importantes que l'accessibilité de la station.

4.8 DISPONIBILITÉ DES SERVICES

L'électricité peut être nécessaire pour l'équipement et les services utilisés pendant la construction de l'installation. L'énergie électrique peut servir au chauffage des guérites et des conduites d'amenée ainsi qu'à l'alimentation des instruments. Les instruments exploités en temps réel peuvent exiger le service téléphonique. L'agent sur le terrain peut à l'occasion avoir besoin des services d'un préposé à la lecture des jauges.

4.9 BASSIN DU LIMNIMÈTRE

Un bassin est nécessaire pour le limnimètre (jauge) à l'amont du contrôle afin d'assurer que le niveau de l'eau puisse être enregistré pendant les intervalles à écoulement extrêmement faible. Ce bassin aide à éviter les vitesses élevées à l'extrémité des conduites d'amenée pendant les intervalles à écoulement élevé.

4.10 AMÉLIORATIONS DU CHENAL

L'excavation du chenal peut être nécessaire pour améliorer les conditions à l'emplacement. Il peut également être nécessaire de faire l'excavation d'un bassin pour la jauge et d'une section de mesure.

4.11 CRITÈRES ASSOCIÉS AUX REPÈRES DE NIVELLEMENT

Il doit y avoir trois repères de nivellement indépendants à l'emplacement de chaque station de jaugeage. Il est essentiel que ces repères soient installés en terrain stable et à des endroits où ils ne pourront être endommagés par des niveaux d'eau élevés, par l'équipement de construction ou par d'autres causes. Les repères de nivellement sont abordés de manière plus détaillée dans le cours n° 3 intitulé « Repères de nivellement et niveau de référence des jauges de niveau de l'eau ».

4.12 MESURE DES SÉDIMENTS

La plupart des facteurs qui influencent la mesure des débits influencent également l'échantillonnage des sédiments. Le technicien devrait effectuer les mesures du transport des sédiments le long de la même section transversale qui est utilisée pour le jaugeage. La verticale unique devrait être située le long de la même section. Cette section ne devrait présenter aucune turbulence. Toutefois, il devrait y avoir un mélange adéquat des sédiments et de l'eau à l'emplacement de l'échantillonnage sur verticale unique pour que cette verticale soit représentative de la concentration moyenne en sédiments du cours d'eau.

Les emplacements énumérés ci-après constitueraient de mauvais endroits de mesure du débit du cours d'eau ou d'échantillonnage des sédiments :

1. Coudes du chenal
2. Resserrements du chenal attribuables au socle rocheux et à des piliers massifs ou obliques
3. Zones d'accumulation de débris
4. Zones de confluence
5. Étangs formés par des barrages ou des déversoirs
6. Emplacements situés à distance importante de la jauge hydrométrique
7. Emplacement ne présentant pas de possibilités d'échantillonnage à tous les niveaux de l'eau.

Des renseignements plus détaillés concernant les emplacements d'échantillonnage des sédiments sont fournis dans le cours n° 27 portant sur l'échantillonnage des sédiments en suspension.

5.0 PROCÉDURES DE SÉLECTION D'UN EMPLACEMENT

5.1 ÉTUDE AU BUREAU

Le choix de l'emplacement où installer une station de jaugeage commence au bureau. La région générale de l'emplacement est d'abord examinée sur diverses cartes. Rantz et coll. mentionnent (p. 6) ce qui suit :

Les tronçons présentant les caractéristiques pertinentes suivantes devraient être notés : tracé (sic) rectiligne, roche consolidée mise à nu par opposition à des alluvions, berges sujettes au débordement, berges abruptes confinant l'écoulement, chenaux séparés, possibilité d'un effet variable de refoulement d'eau d'un tributaire, d'une confluence ou d'un réservoir et emplacements possibles de jaugeage du débit au moulinet.

Des cartes pédologiques aident à déterminer quels types de sols sont prédominants. Ces renseignements seraient également utiles dans le cas d'une station d'échantillonnage de sédiments. Les emplacements plus favorables feront l'objet d'un examen lors de l'étude sur le terrain. L'agent itinérant devrait marquer sur la carte les emplacements proposés, noter les routes d'accès et choisir une route générale pour la reconnaissance sur le terrain.

5.2 ÉTUDE SUR LE TERRAIN

5.2.1 Faibles écoulements

Comme le formulent Rantz et coll. (p. 6) :

Pour ce qui est des écoulements faibles, on recherche une section de contrôle stable et bien définie pour les faibles niveaux. Si un tel contrôle est inexistant, la faisabilité de la construction d'un contrôle artificiel pour les faibles niveaux d'eau est étudiée. Si un emplacement à lit mobile d'un cours d'eau, comme un chenal dans le sable, doit être accepté, il convient mieux de situer la jauge sur un tronçon aussi uniforme que possible et loin de tout obstacle dans le chenal comme les ponts qui ont tendance à intensifier l'affouillement et le comblement. La possibilité de refoulement d'eau résultant de la croissance de végétation aquatique dans le chenal doit également être considérée. Si la jauge doit être placée à l'embouchure d'un canyon où un cours d'eau quitte une région montagneuse ou de piedmont pour déboucher dans la plaine alluviale ou sur un cône de déjection, des jaugeages de reconnaissance du débit devraient être effectués au moulinet en période d'étiage afin de déterminer à quel endroit l'infiltration de l'eau dans les alluvions devient importante. La station devrait être située en amont de la zone d'infiltration d'eau afin de permettre de jauger la plus grande partie possible de l'écoulement en surface; l'écoulement subsuperficiel, ou sous-écoulement, résultant de l'infiltration dans le chenal ne constitue pas de l'eau «perdue», mais fait partie de l'ensemble des ressources en eau.

5.2.2 Écoulements forts

Comme le résumait Rantz et coll. (pp. 6 et 7) :

Dans le cas des niveaux élevés, on recherche les laisses de hautes eaux des crues majeures passées et on questionne les résidents locaux concernant les hauteurs historiques des crues. Ces renseignements servent à juger de la hauteur à laquelle il faut placer le limnigraphe afin qu'il soit au-dessus de toute vraisemblable crue à venir. L'abri du limnigraphe devrait être placé de manière à ne pas être touché par des débris transportés par l'eau pendant les crues majeures. On recherche également des indications de modifications majeures du chenal, incluant l'affouillement et le dépôt aux berges du cours d'eau, qui ont pu se produire pendant les crues remarquables passées. Lorsque présentes, de telles indications témoignent de modifications possibles lors de

crues majeures futures.

5.2.3 Section de mesure

Rantz et coll. (p.7) mentionnent que :

La disponibilité de coupes transversales adéquates pour les jaugeages au moulinet devrait également être étudiée. Idéalement, la section transversale de mesure devrait présenter une profondeur assez uniforme, et les lignes d'écoulement devraient être parallèles en plus de présenter des vitesses assez uniformes sur toute la section. La section de mesure devrait se trouver raisonnablement proche de la jauge afin d'éviter d'avoir à effectuer des [corrections pondérées de la hauteur moyenne à la jauge]. Cependant, une distance pouvant atteindre [1 km] entre la jauge et la section de mesure [peut être] acceptable si une telle distance est nécessaire pour obtenir un bon emplacement de mesure du niveau ainsi qu'un bon emplacement de mesure du débit... Dans le cas des écoulements ne pouvant être jaugés à gué de manière sécuritaire, [les mesures sont] effectuées depuis un pont, un téléphérique ou un bateau. Il est moins coûteux d'utiliser un pont existant à cette fin, mais s'il n'y a pas de pont, ou si la section de mesure n'est pas bonne à l'emplacement d'un pont, on devrait choisir un emplacement convenable pour la construction d'un téléphérique.

Avant d'envisager la construction d'un téléphérique, la stabilité du contrôle devrait être évaluée. S'il peut être déterminé que le contrôle est très stable et qu'un programme initial de mesure permettrait d'établir une bonne relation hauteur-débit, la construction d'un téléphérique peut ne pas s'avérer rentable à long terme. Si les mesures ne seront nécessaires qu'à long terme pour confirmer la relation hauteur-débit, il peut s'avérer plus rentable de mesurer le débit depuis un bateau. S'il n'est pas possible de construire un téléphérique, les mesures en période de hautes eaux seront effectuées depuis un bateau lorsque cela sera sécuritaire. La section transversale utilisée pour le jaugeage des écoulements élevés convient rarement pour le jaugeage des faibles écoulements, et les jaugeages sont effectués à gué à l'emplacement où ils sont les plus faciles. Normalement, les jaugeages sont effectués à l'emplacement d'une même section selon le niveau de l'eau.

5.2.4 Refoulement d'eau

D'après Rantz et coll. (p. 7) :

Il faut prendre en considération la possibilité d'un effet variable de remous résultant de la présence d'une confluence ou d'un réservoir à l'aval de l'emplacement de la station de jaugeage nécessaire. Lorsque les niveaux et débits ne sont pas connus à un éventuel emplacement de jaugeage et que le niveau est également inconnu à la confluence ou au réservoir, l'[agent itinérant] ne peut que présumer quant à l'emplacement du cours d'eau où l'effet de remous disparaît pour diverses combinaisons de débits et de niveaux de l'eau. La règle formulée ci-après est sûre : si plusieurs emplacements acceptables de jaugeage sont disponibles le long d'un cours d'eau, l'emplacement de jaugeage retenu devrait être celui situé le plus loin possible en amont de la source de refoulement variable de l'eau. S'il est nécessaire d'accepter un emplacement où il y a refoulement variable, rechercher un tronçon uniforme pour la mesure de la pente ainsi qu'un emplacement où installer une jauge auxiliaire.

5.2.5 Tronçon tidal

Si une station de jaugeage doit être installée le long d'un tronçon de cours d'eau soumis à l'influence de la marée, il peut s'avérer nécessaire d'installer une deuxième jauge, ou limnimètre auxiliaire, pour la surveillance de l'écoulement non permanent. Dans de tels cas des minuteriers spéciales sont utilisées afin d'assurer la synchronisation des lectures du niveau de l'eau aux deux limnimètres. Pour les régions non desservies par le réseau de distribution d'énergie électrique, des chronomètres à piles et à cellules photovoltaïques comme le chronomètre à quartz Stevens sont disponibles.

5.2.6 Puits de mesure

Avant d'entreprendre des travaux d'excavation pour l'installation d'un puits de mesure à l'emplacement d'une station de jaugeage, l'agent itinérant devrait déterminer quel est le type de sol et sa profondeur. Cela aidera à déterminer quelle difficulté soulèvera l'excavation ainsi que les coûts d'installation du puits de mesure. En présence du socle rocheux, l'agent itinérant peut envisager une méthode de remplacement pour la surveillance du niveau de l'eau, comme l'installation d'une jauge de type à émission de bulles, de type électrique ou de transducteurs.

5.2.7 Glace

La formation de glace pose toujours des problèmes quant à l'obtention d'enregistrements fiables de l'écoulement des cours d'eau en hiver. Au début du processus de sélection d'un emplacement, l'agent itinérant devrait identifier les emplacements les moins exposés à l'accumulation de glace. De tels emplacements peuvent exister :

1. En aval d'installations industrielles comme les usines de fabrication de papier, les aciéries, les centrales électriques thermiques ou les mines de charbon rejetant de la chaleur et des particules résiduelles dans l'eau.
2. Immédiatement en aval d'un barrage avec vannes.
3. À l'émissaire d'un lac.
4. Sur un bassin profond juste en amont d'un seuil ou d'un groupe de rapides.

Si possible, le technicien devrait effectuer une reconnaissance sur le terrain pendant la période hivernale ainsi que lorsque l'eau est libre de glace.

5.2.8 Autres considérations

Lors du choix d'un emplacement, il faut garder à l'esprit le programme et l'équipement spécifiques prévus pour la station et en particulier les éléments suivants :

Limnimètre non enregistreur :

Les limnimètres de ce type, limnimètres à fil lesté ou échelles limnimétriques, doivent être installés sur une structure convenable. Les coûts de construction d'une structure devraient être identifiés. L'accessibilité de l'emplacement pour tous les niveaux de l'eau et en toute saison devrait être évaluée.

Limnigraphe :

Dans les régions éloignées, placez l'abri du côté nord du cours d'eau pour profiter de la chaleur du soleil et pour rendre plus facile le pointage de l'antenne DCP. Identifiez les précautions à prendre si l'appareil peut être exposé au vandalisme.

Limnigraphe à émission de bulles :

Identifiez un emplacement convenable pour le limnimètre de référence — limnimètre par rapport auquel l'enregistreur de niveau est réglé.

Sédiments :

Si le programme exige l'intervention d'un observateur, identifiez des provenances possibles. Assurez-vous qu'il existe un endroit sécuritaire où loger les échantillonneurs et les échantillons. Il peut être nécessaire de chauffer l'abri pour l'entreposage des échantillons en hiver.

Plan de référence :

Il peut être nécessaire de relier le limnimètre ou le limnigraphe à un plan de référence normalisé, par exemple celui utilisé par la DLG. Les emplacements des repères de nivellement devraient être pris en considération.

Il faut également tenir compte de la disponibilité du réseau de distribution d'électricité pour l'alimentation en énergie et des services téléphoniques lors du choix d'un emplacement. Ces services peuvent être nécessaires à l'emplacement retenu pour l'installation d'instruments spéciaux ou pour des appareils de mesure à distance utilisés pour la prévision de crues et les systèmes d'annonce de crues.

5.2.9 Conclusions

L'agent itinérant doit prendre en considération un grand nombre d'autres facteurs avant de choisir un emplacement convenable pour une station de jaugeage. Lorsque l'emplacement précis a été choisi, le technicien devrait marquer clairement les endroits où doivent être installés la jauge et le téléphérique (le cas échéant). Sur le terrain, utilisez des piquets et une signalisation pour identifier les emplacements précis. Désignez clairement ces emplacements dans les notes et sur les cartes afin de pouvoir les retrouver facilement. L'agent itinérant doit également estimer le niveau maximum de l'eau auquel le contrôle en période de faible niveau sera efficace. Les prises d'eau pour la mesure du niveau devraient être situées en amont de la section de contrôle pour les basses eaux. Il peut être nécessaire que l'agent itinérant effectue plusieurs visites de reconnaissance afin de s'assurer qu'un emplacement idéal pour une station de jaugeage soit choisi en fonction de toutes les conditions possibles.

6.0 DEMANDES DE STATIONS DE JAUGEAGE

Sur réception d'une demande pour une station spécifique de la part d'un organisme collaborateur et après approbation du financement, le personnel technique de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* entreprend le processus de sélection d'un emplacement. Le type de jauge demandé peut varier selon les applications prévues et l'emplacement de la station.

Dans la présente section on décrit les trois types d'indicateurs de niveau de l'eau dont l'installation peut être demandée :

1. Indicateur de niveau de lac
2. Indicateur de prévision de crues
3. Indicateur d'écoulement sortant de lac.

Une demande d'installation d'une station de jaugeage peut comporter des renseignements concernant les éléments suivants :

1. Organisme demandeur
 - organisme de conservation
 - ministère provincial
 - ministère fédéral
 - autre
2. Financement
 - fédéral
 - fédéral/provincial
 - provincial
 - autre
3. Objet de la station
 - niveau de lac (pour l'approvisionnement en eau, les activités récréatives ou la navigation)
 - annonce de crues
 - apports au lac (écoulement pénétrant dans un lac pour la prévision des niveaux ou pour déterminer les réglages à un barrage afin de régler l'écoulement sortant)
 - profils de centrales électriques
 - écoulement sortant d'un lac ou réservoir
 - approvisionnement en eau
 - dilution
 - inventaire
 - futurs barrages, centrales hydro-électriques, irrigations
 - navigation

- eaux internationales ou interprovinciales
4. Type d'exploitation
 - annuelle
 - saisonnière
 - diverse
 5. Type d'indicateur de niveau
 - limnimètre
 - limnigraphe
 6. Type de station
 - niveau de l'eau seulement
 - niveau et débit
 - sédiments
 7. Équipement spécialisé
 - type de boîtier nécessaire
 - types d'équipement et de capteurs en temps réel
 - échantillonneurs automatiques de sédiments
 - échantillonneurs de qualité de l'eau
 8. Emplacement
 - bassin versant avec emplacement proposé ou précis
 9. Personne ressource
 - représentant l'organisme demandeur
 10. Observateurs
 - si nécessaires
 11. Niveau de référence
 - si nécessaire.

6.1 INDICATEUR DE NIVEAU D'UN LAC

La demande n° 1 constitue un exemple de demande par un sous-bureau à une section de construction pour l'installation d'un indicateur de niveau de lac (voir figure 12). L'indicateur devrait être d'accès facile et situé dans une région abritée du lac. Il faut placer l'indicateur à un endroit où les écoulements entrant ou sortant du lac ne l'influenceront pas. Il ne devrait pas être placé à l'embouchure d'un cours d'eau.



Figure 12. Choix de l'emplacement d'un indicateur de niveau d'un lac

DEMANDE N° 1

Organisme demandeur

Adresse :
Téléphone :

Division des relevés hydrologiques du Canada
Adresse :

Section de construction

Nous souhaitons par la présente lettre confirmer et approuver notre liste de construction pour l'année financière en cours.

Conformément à la commande d'achat 12345, nous demandons la construction et l'entretien par la *Division des relevés hydrologiques du Canada* d'un indicateur de niveau de lac en vertu de l'actuel accord relatif aux frais partagés.

L'indicateur doit être installé au lac Quelconque dans, ou à proximité de, l'agglomération de Quelque Part. L'abri doit être l'habituelle construction en brique à ossature de bois avec toit plat. Le puits de mesure doit être d'un diamètre de 1,2 m et comporter deux prises d'eau.

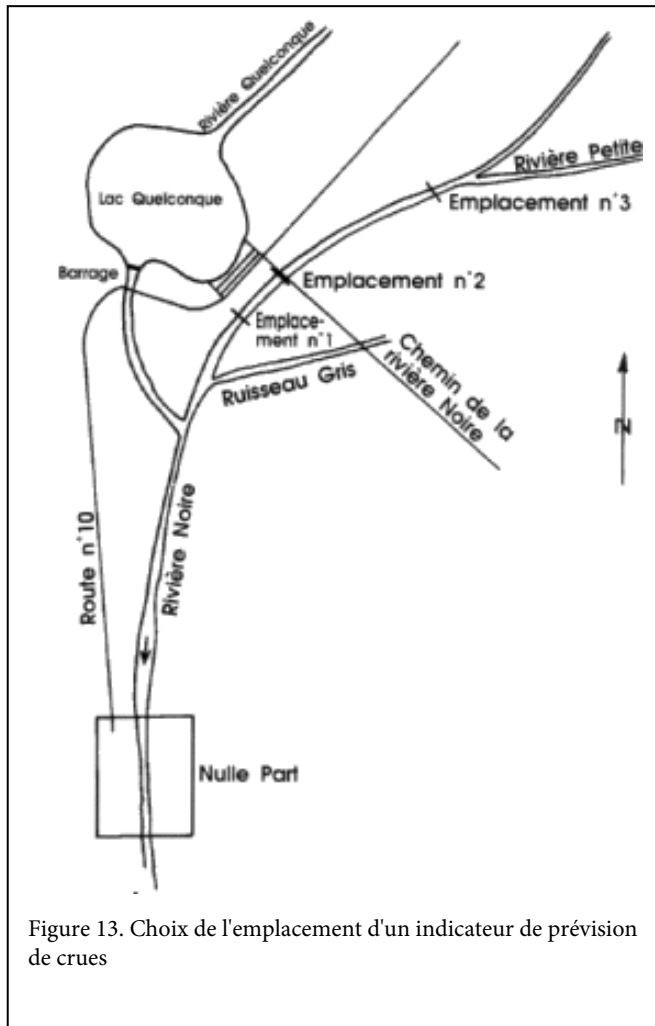
Les instruments nécessaires sont un enregistreur de données comme indicateur principal et un enregistreur à déroulement continu comme appareil de réserve. Le graphique à déroulement continu doit comporter une échelle de 1,25 pour l'indicateur et une échelle de temps graduée aux 240 mm.

Souhaitant bientôt recevoir l'information concernant l'emplacement proposé pour l'installation de cet indicateur et votre échéancier de construction, je reste à votre entière disposition.

Agent responsable

6.2 INDICATEUR DE PRÉVISION DE CRUES

La demande n° 2 est un exemple de demande de construction d'une station de jaugeage pour la prévision des écoulements par un organisme de conservation. La station hypothétique doit être aménagée sur la rivière Noire en amont de l'agglomération de Nulle Part (figure 13).



DEMANDE N° 2

Organisme de conservation

Adresse :
Téléphone :

Division des relevés hydrologiques du Canada
Adresse :

Section de construction

Nous souhaitons par la présente confirmer nos discussions quant à l'installation d'une station de jaugeage et de surveillance ininterrompue des sédiments de la rivière Noire en amont de l'agglomération de Nulle Part. Cette station sera reliée à notre système existant d'annonce de crues par l'entremise d'un enregistreur de données.

Les coûts de construction seront à votre charge et nous fournirons l'enregistreur de données. La *Division des relevés hydrologiques du Canada* sera responsable de l'exploitation et de l'entretien de l'indicateur de niveau de l'eau en vertu de l'actuel accord relatif aux frais partagés. Nous sommes également intéressés à participer à l'accord concernant l'équipement spécialisé que propose votre ministère.

Souhaitant recevoir bientôt l'information relative aux estimations finales des coûts et votre échéancier de construction, je reste à votre entière disposition.

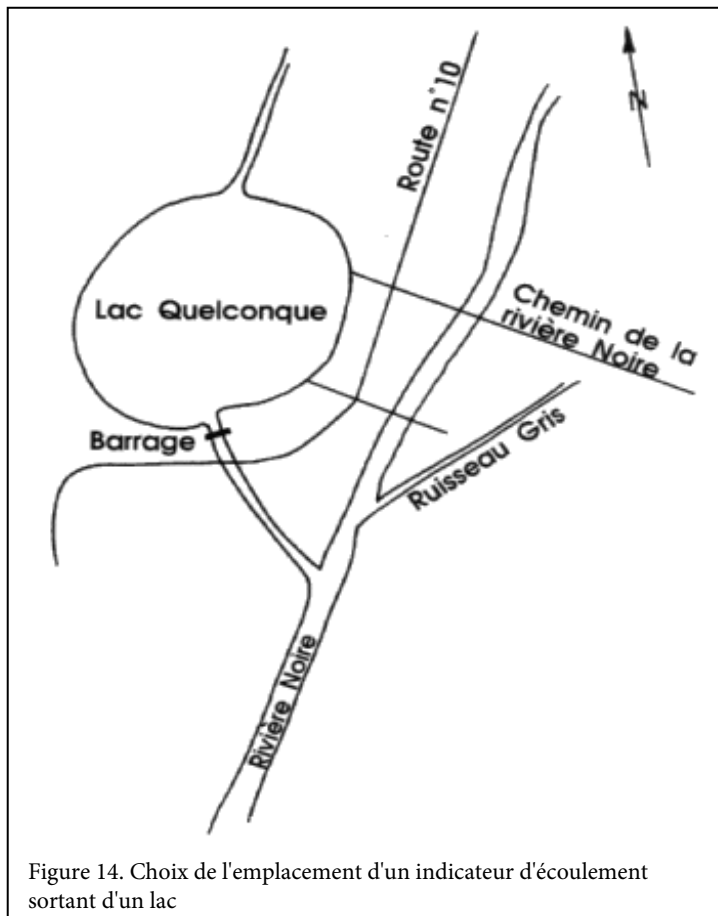
Agent de conservation

La station devrait être placée sur un tronçon du cours d'eau assez loin en amont pour permettre d'annoncer une crue suffisamment à l'avance à l'agglomération en cause le cas échéant. Elle doit également être placée assez loin en aval dans le bassin versant pour fournir une configuration de l'écoulement représentative pour le bassin. L'indicateur devrait être situé assez loin en aval de tout tributaire pour que l'écoulement soit uniformément réparti sur toute la largeur du cours d'eau. Il devrait aussi être situé assez loin en amont de toute confluence, de tout lac ou de tout ouvrage comme un barrage pour empêcher qu'il soit influencé par des refoulements variables d'eau.

6.3 INDICATEUR D'ÉCOULEMENT SORTANT D'UN LAC

La demande n° 3 est un exemple de demande de construction d'une station de jaugeage à l'émissaire d'un lac ou d'un réservoir par un organisme de conservation. La station hypothétique doit être aménagée sur l'émissaire du lac Quelconque (figure 14).

Pour des raisons pratiques et d'accès, la jauge devrait être placée le plus près possible du barrage. Elle devrait également être placée assez loin en aval du barrage pour que l'écoulement soit uniformément réparti sur toute la largeur du cours d'eau. En choisissant l'emplacement, le technicien devrait s'assurer que la jauge ne sera pas influencée par un écoulement parasite ou un refoulement variable d'eau.



DEMANDE N° 3

Organisme de conservation

Adresse :
Téléphone :

Division des relevés hydrologiques du Canada

Adresse :

Section de construction

Conformément à notre discussion, nous demandons que la *Division des relevés hydrologiques du Canada* installe et entretienne un limnimètre pour la surveillance de l'écoulement sortant du lac Quelconque. Notre personnel pourra effectuer les lectures quotidiennes de ce limnimètre conformément aux instructions fournies par votre personnel. Nous aimerions que cette station soit opérationnelle le plus rapidement possible.

Je souhaite que vous donniez suite rapidement afin de pouvoir organiser une rencontre à l'emplacement proposé avec notre personnel, et reste à votre entière disposition,

Directeur des parcs

7.0 RAPPORT DE RECONNAISSANCE

7.1 GÉNÉRALITÉS

La décision finale quant au choix d'un emplacement peut être prise conjointement avec l'organisme demandeur et d'autres parties. Par conséquent, il est essentiel de rédiger un rapport approfondi résumant la recherche. Les conditions à tous les emplacements possibles devraient être décrites à l'aide de notes et de croquis détaillés. Les notes devraient englober l'information concernant les facteurs positifs et négatifs pouvant influencer le choix de l'emplacement. Le rapport devrait aider à déterminer :

1. La position géographique précise de l'indicateur en précisant le type de route passant à proximité et l'accès légal disponible.
2. Le profil transversal à l'emplacement de l'indicateur. Si un téléphérique est nécessaire, le rapport devrait comporter un profil à cet endroit et indiquer les positions ainsi que les hauteurs des pylônes.
3. La hauteur approximative du point d'écoulement nul.
4. Le type de contrôle naturel disponible. Si un contrôle artificiel est nécessaire, le type, la hauteur et la longueur de ce contrôle.
5. La hauteur de l'indicateur.
6. La distribution de l'écoulement à l'emplacement, incluant si possible un jaugeage échantillon du débit.
7. La position des sections de mesure, en eau libre et après l'englacement, ou d'améliorations nécessaires comme un radier de jaugeage à gué.
8. Les types de berges et de fond du chenal à l'emplacement.
9. Les matériaux et l'équipement de construction nécessaires à l'emplacement.
10. L'accès par aéronef.
11. Les repères de nivellement (en identifier le type et la position ainsi que le niveau de référence de la jauge).

Le rapport final devrait comporter des commentaires formulés lors de chaque visite de l'emplacement (hautes eaux, basses eaux, hiver, etc.).

7.1.1 *Documentation de l'installation de la jauge*

Dans le rapport fournissez une documentation additionnelle en rapport avec l'installation des divers types de jauges.

1. Limnimètre (à fil lesté ou échelle limnimétrique) :
fournissez un croquis des supports ainsi que la longueur et l'emplacement précis sur un ouvrage existant. La position d'une nouvelle structure devrait également être identifiée.
2. Limnigraphe et manomètre :
piquez l'emplacement précis et indiquez la position par rapport aux repères disponibles. La longueur de tube d'émission de bulles nécessaire devrait également être indiquée.

3. Limnigraphe et puits :

piquez les emplacements précis et indiquez la longueur du puits et des canalisations d'amenée. Le type d'abri, guérite ou enceinte, devrait également être précisé.

Le rapport devrait englober la réduction des données de levé recueillies, des plans, des croquis, des cartes, des photographies et toute autre information connexe. On devrait également y trouver des suggestions et des recommandations basées sur les études effectuées aux emplacements.

Un exemple de rapport de reconnaissance est présenté à la section 7.2. Ce rapport est basé sur la demande pour une station de jaugeage pour la prévision des crues ([section 6.2](#)).

7.2 EXEMPLE DE RAPPORT POUR UN INDICATEUR DE PRÉVISION DE CRUES

Rapport sur la rivière Noire en amont de Nulle Part

L'étude au bureau indique qu'une station de jaugeage devrait être située en amont de la confluence de la rivière Noire et de l'écoulement sortant régularisé du lac Quelconque. L'écoulement de la rivière Petite représente une partie majeure de l'écoulement de la rivière Noire. Un indicateur devrait par conséquent également être situé en aval de la rivière Petite. Trois routes traversent ce tronçon du cours d'eau.

Des reconnaissances de divers emplacements ont été effectuées en compagnie d'un agent de conservation.

L'emplacement n° 1 a été rejeté parce qu'il n'y existe aucun contrôle permanent et qu'il présente des berges peu élevées dont l'écoulement déborderait vraisemblablement.

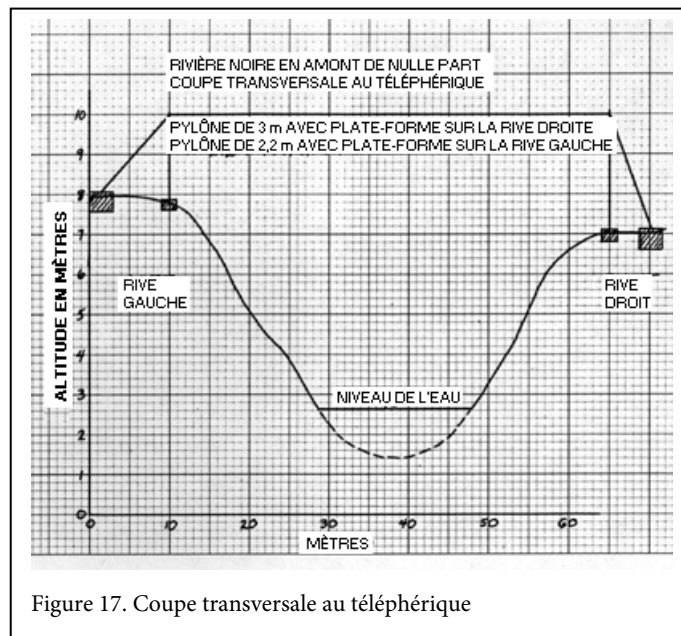
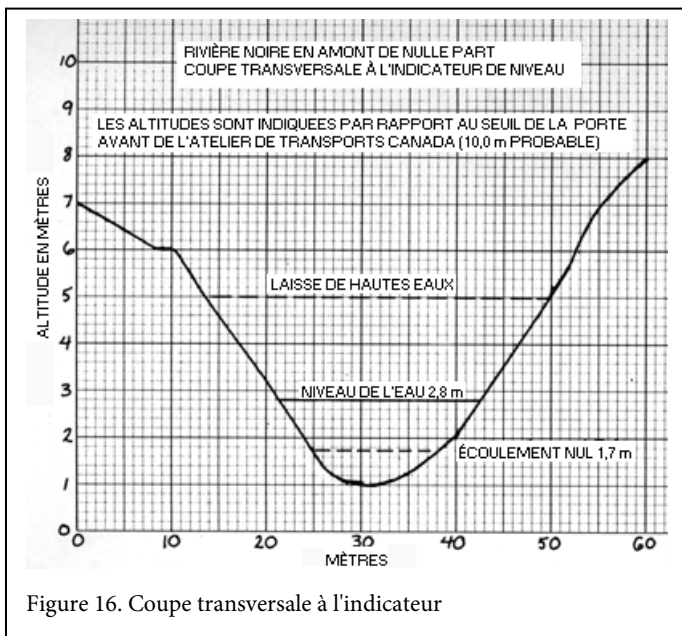
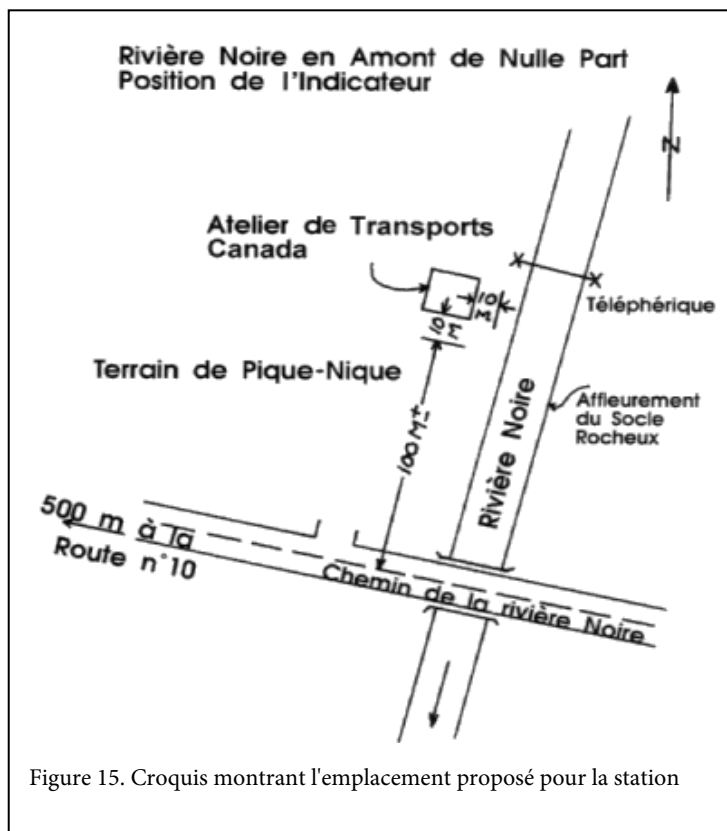
L'emplacement n° 3 a également été rejeté parce que les services d'électricité et du téléphone n'y sont pas disponibles et que cette station exige un enregistreur de données.

L'emplacement n° 2 est celui qui convient le mieux. Il est situé à 2,5 km au nord de Nulle Part sur la route n° 10 et à 500 m à l'est de la route n° 10 sur le Chemin de la rivière Noire. La jauge pourrait être placée sur la rive droite et du côté amont du pont routier dans une aire de pique-nique de Transports Canada. L'utilisation de cet emplacement exige un permis d'utilisation des terres.

Voyez les rapports ci-joints sur les emplacements 1, 2 et 3.

Rapport sur emplacement n° 1	
Date :	Le 31 mars 1988
Cours d'eau :	Rivière Noire
Endroit :	Emplacement n° 1 : à 2,0 km au nord de Nulle Part sur la route n° 10 et à 500 m à l'est de la route n° 10 sur la rue Hill.
Contrôle :	Gravier, vraisemblablement sujet à des déplacements.
Chenal :	Les berges sont basses et l'écoulement déborde vraisemblablement.
Sol :	Argile et gravier.
Sections de mesure :	Hautes eaux côté amont du pont; basses eaux jaugeage à gué en amont du pont; aucune mesure n'a été effectuée.
Refoulement d'eau :	Possible depuis le tributaire en aval du pont.
Accès :	Chemin public.
Services publics :	Électricité et téléphone à proximité.
Observateur :	Plusieurs maisons à proximité.
Sédiments :	Pont à l'emplacement proposé.
Croquis :	Aucun.
Photographies :	Aucune.
Recommandations :	Il ne s'agit pas d'un bon emplacement.

Rapport sur emplacement n° 2	
Date :	Le 31 mars 1988
Cours d'eau :	Rivière Noire
Endroit :	Emplacement n° 2 : à 2,5 km au nord de Nulle Part sur la route n° 10 et à 500 m à l'est de la route n° 10 sur le chemin de la rivière Noire. Voir croquis.
Contrôle :	Affleurement du socle rocheux.
Chenal :	Les berges sont hautes, recouvertes d'herbes et ne présentent aucun signe d'érosion; le chenal est rectiligne sur 200 m à l'amont et sur 300 m à l'aval de l'emplacement proposé.
Sol :	Principalement du gravier.
Sections de mesure :	Une mesure du débit a été obtenue depuis le côté amont du pont sur le chemin de la rivière Noire. Il n'y a pas de coude et l'écoulement était uniformément réparti à ce niveau de l'eau. La même section pourrait vraisemblablement être jaugée à gué en période d'étiage. Une bonne section pour téléphérique est disponible si nécessaire à 20 m en amont de l'atelier de Transports Canada. (Voir croquis.)
Refoulement d'eau :	Aucun n'est apparent.
Accès :	Par le terrain de pique-nique de Transports Canada. Un permis d'utilisation du sol sera nécessaire.
Services publics :	Électricité et téléphone à proximité.
Observateur :	Plusieurs maisons à proximité ainsi qu'employés de Transports Canada.
Sédiments :	Le pont qu'emprunte le chemin de la rivière Noire convient pour l'échantillonnage.
Croquis :	1. Coupe transversale à l'emplacement proposé; 2. coupe transversale pour le téléphérique; 3. emplacement de l'indicateur.
Photographies :	Aucune.
Recommandations :	Des trois emplacements visités l'emplacement n° 2 est celui qui convient le mieux.



Rapport sur emplacement n° 3	
Date :	Le 31 mars 1988
Cours d'eau :	Rivière Noire
Endroit :	Emplacement n° 3 : à 3,5 km au nord de Nulle Part sur la route n° 10 et à 1 km à l'est sur le chemin du Lac.
Contrôle :	En chenal pour les hautes eaux, seuil de gravier pour les basses eaux.
Chenal :	Les berges sont élevées à tous les niveaux de l'eau. Le lit du cours d'eau se compose de gravier grossier libre d'herbes aquatiques. Le lit du cours d'eau est rectiligne.
Sol :	Berges de gravier recouvert de buissons.
Sections de mesure :	Hautes eaux, section de jaugeage par bateau à l'amont de l'emplacement; basses eaux, jaugeage à gué à l'emplacement.
Refoulement d'eau :	Aucun n'a été remarqué.
Accès :	Propriété privée, ferme appartenant à M. S. Personne.
Services publics :	Aucun à moins de 1 km (route n° 10).
Observateur :	Aucun à moins de 1 km.
Sédiments :	Aucun emplacement convenable où installer un échantillonneur.
Croquis :	Aucun.
Photographies :	Aucune n'a été prise.
Recommandations :	L'installation serait très coûteuse en raison de l'éloignement des services d'électricité et du téléphone.

8.0 SUMMARY

After completing this training, the field officer will be better able to assess conditions at proposed gauging station sites. The selection criteria will be clearly understood and will assist the officer in preparing clear, concise reconnaissance reports. These reports will be used for planning the network, construction purposes and for program administration.

9.0 MANUELS ET RÉFÉRENCES

9.1 MANUELS

Terzi, R.A. (1984). Manuel pratique de levés hydrométriques – Nivellement. Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 14 p.

Terzi, R.A. (1981). Manuel pratique de levés hydrométriques – Jaugeage des cours d'eau. Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 37 p.

9.2 RÉFÉRENCES

Rantz, S.E. et coll. (1982). Measurement and Computation of Streamflow: Volume 1. Measurement of Stage and Discharge. United States Geological Survey, Water Supply Paper 2175, Washington, D.C., 284 p.



RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

Cours n° 3 — VUE D'ENSEMBLE: Programme D'Orientation De Carrière Pour Le Technicien en Hydrométrie de la Division Des Relevés Hydrologiques du Canada

P.I. Campbell
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
Canada K1A 0H3

R.D. McBride
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
45 promenade Alderney
Dartmouth (Nouvelle-Écosse)
Canada B2Y 2N6

Droits d'auteur © 1999. Tous droits réservés.

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	OBJET ET CONTEXTE	1
2.0	OBJECTIFS	2
2.0	OBJECTIFS	2
3.0	INTRODUCTION	3
4.0	TYPES DE REPÈRES DE NIVELLEMENT	4
4.1	REPÈRES DE NIVELLEMENT STANDARD DE LA DIVISION DES RELEVÉS HYDROLOGIQUES (DRH) DU CANADA	4
4.1.1	<i>Pastille en laiton</i>	4
4.1.2	<i>Repère de nivellement standard (RNS) dans le béton</i>	4
4.1.3	<i>Repère de nivellement de type hydro</i>	4
4.1.4	<i>Repère de nivellement de type spiralé</i>	5
4.1.5	<i>Repère de nivellement en forme de T</i>	5
4.1.6	<i>Repère de nivellement à tige de mise en terre</i>	6
4.2	AUTRES TYPES DE REPÈRES DE NIVELLEMENT	6
4.3	REPÈRES DE NIVELLEMENT TEMPORAIRES	6
4.4	MARQUES REPÈRES	6
5.0	STABILITÉ DES REPÈRES DE NIVELLEMENT	8
6.0	MÉTHODES D'INSTALLATION DE REPÈRES DE NIVELLEMENT	9
6.1	PASTILLE EN LAITON	9
6.2	REPÈRE DE NIVELLEMENT STANDARD (RNS) DANS LE BÉTON	9
6.3	REPÈRE DE NIVELLEMENT DE TYPE HYDRO	9
6.4	REPÈRE DE NIVELLEMENT DE TYPE SPIRALÉ	10
6.5	REPÈRE DE NIVELLEMENT EN FORME DE T	10
6.6	REPÈRE DE NIVELLEMENT À TIGE DE MISE EN TERRE	10
7.0	TÊTES DE REPÈRES DE NIVELLEMENT	11
7.1	CAPUCHON EN LAITON	11
7.2	PASTILLE EN LAITON	12
8.0	MARQUAGE DES REPÈRES DE NIVELLEMENT	14
9.0	IDENTIFICATION DES REPÈRES DE NIVELLEMENT	15
10.0	NIVEAU DE RÉFÉRENCE DE LA JAUGE DE NIVEAU DE L'EAU	16
10.1	ÉTABLISSEMENT DU NIVEAU DE RÉFÉRENCE DE LA JAUGE DE NIVEAU DE L'EAU	16
10.2	PERMANENCE DU NIVEAU DE RÉFÉRENCE DE LA JAUGE DE NIVEAU DE L'EAU	16
11.0	SURFACES DE RÉFÉRENCE	17
12.0	DOCUMENTATION	19
12.1	NOTES D'INSPECTION HYDROMÉTRIQUE	19
12.2	FORMULAIRE DE DESCRIPTION DE STATION	20

12.3	FORMULAIRE D'ÉTUDE DE LA JAUGE.....	20
12.4	INVENTAIRE DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES (HYDEX).....	21
12.5	FORMULAIRE DE NIVEAU DE RÉFÉRENCE ACTUEL	22
12.6	ANALYSE DE LA STATION	22
13.0	RÉSUMÉ.....	24
14.0	MANUELS ET RÉFÉRENCES	25
14.1	MANUELS	25
14.2	RÉFÉRENCES.....	25

1.0 OBJET ET CONTEXTE

Ce cours doit être présenté aux agents itinérants ayant environ deux mois d'expérience. Le contenu de ce cours fait partie d'un programme de formation complet à l'intention du personnel de la *Division des relevés hydrologiques*. Il est conçu de manière à faire le lien entre le *Programme d'orientation de carrière du technicien* et le *Programme d'assurance de la qualité*.

Un aperçu général des repères de nivellement et des surfaces de référence pendant le premier mois de travail du technicien devrait constituer une introduction de base pour le présent cours.

L'un des objectifs fondamentaux du travail du technicien en hydrométrie est l'obtention d'information fiable et précise concernant les niveaux d'eau. L'agent itinérant doit comprendre les concepts sous-jacents aux surfaces de référence et aux repères de nivellement et savoir comment ils sont utilisés pour produire des données hydrométriques de qualité.

Les termes et les définitions associés à ce sujet seront discutés. Les divers types de repères de nivellement utilisés, par le passé et actuellement, par la *Division des relevés hydrologiques du Canada* ainsi que des facteurs de stabilité comme les déplacements attribuables à l'action du gel seront décrits.

Le système d'identification des repères de nivellement utilisé en région sera décrit en plaçant l'emphasis sur la norme de la *Division des relevés hydrologiques du Canada*. Les normes d'installation assurant la stabilité des repères de nivellement seront expliquées. Les procédures d'établissement de l'altitude des repères de nivellement et du niveau de référence de la jauge de niveau de l'eau seront également expliquées en soulignant l'importance de la permanence du niveau de référence de la jauge.

Les diverses surfaces ou plans de référence, surface de référence arbitraire, de la Division des levés géodésiques du Canada (DLG), de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies et du United States Geological Survey seront identifiés. On abordera dans ce cadre les facteurs de conversion et les systèmes utilisés par divers organismes, par exemple les réseaux et les compensations ainsi que les repères permanents de levés de la DLG.

Les méthodes de documentation seront décrites; on présentera par exemple les formulaires sur lesquels sont inscrits les altitudes et les descriptions des repères de nivellement ainsi que le niveau de référence de la jauge, comme le formulaire de description de la station, le formulaire d'étude de la jauge de niveau et l'inventaire des stations hydrométriques. La préparation des rapports de visites sur le terrain expliquant les modifications des installations sera également discutée.

2.0 OBJECTIFS

Après avoir complété ce cours, l'agent itinérant sera en mesure de :

1. Définir les termes suivants :
 - repère de nivellement
 - niveau de référence de la jauge de niveau de l'eau
 - surface de référence
 - écoulement nul
 - marque repère
 - trait de lecture
 - point de référence
 - point de mesure.
2. Décrire les types de repères de nivellement actuellement utilisés par la DRH dont :
 - RSN
 - X peint sur la roche
 - clou dans un arbre
 - boulon peint
 - marque faite au ciseau
 - pastille ou médaillon dans une culée
 - autres structures
 - ancrages de téléphériques.
3. Décrire le positionnement des repères de nivellement les uns par rapport aux autres.
4. Décrire les systèmes d'identification des repères de nivellement utilisés dans les régions.
5. Décrire les facteurs influençant la stabilité des repères de nivellement dont :
 - les crues
 - les travaux de construction
 - l'érosion des berges
 - l'action du gel
 - la zone de gel
 - le pergélisol.
6. Décrire les normes d'installation respectées afin d'assurer la stabilité des repères de nivellement et l'importance de la permanence.
7. Établir des niveaux de référence de jauges de niveau de l'eau et des altitudes.
8. Expliquer la signification des diverses surfaces de référence et leur importance en cas de litiges.
9. Documenter avec précision les repères de nivellement et les niveaux de référence des jauges sur les bons formulaires.

10. Préparer les rapports de terrain expliquant les modifications des installations.

3.0 INTRODUCTION

Les repères de nivellement marquent des points de référence fixes et permanents dont l'altitude est connue et qui sont nécessaires pour l'obtention de données hydrométriques précises.

La *Division des relevés hydrologiques du Canada* utilise des repères de nivellement pour :

1. établir les hauteurs des niveaux de référence des jauges de niveau de l'eau;
2. le maintien des actuelles valeurs des niveaux de référence;
3. référer les jauges à leur niveau de référence respectif;
4. obtenir des mesures instantanées directes des niveaux d'eau.

4.0 TYPES DE REPÈRES DE NIVELLEMENT

Le contenu de la présente section a été tiré des :

- Manuel pratique de levés hydrométriques – Nivellement, pages 3 et 4;
- Survey Information in Manitoba, 1978, pages 145 et 146;
- Saskatchewan Construction, Upgrading and Maintenance 1986–87 Annual Report, pages 75 et 76; et
- Manuel pratique de levés hydrométriques – Mesure de niveaux, page 8.

4.1 REPÈRES DE NIVELLEMENT STANDARD DE LA DIVISION DES RELEVÉS HYDROLOGIQUES (DRH) DU CANADA

4.1.1 Pastille en laiton

La pastille en laiton consiste en un capuchon de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* avec une tige de 76 mm et est représenté à la figure 1.

Ce repère de nivellement est utilisé aux stations hydrométriques où le sol est stable, comme le socle rocheux ou la culée de pont en béton.

4.1.2 Repère de nivellement standard (RNS) dans le béton

Le repère de nivellement standard (RNS) consiste en une barre ou un tuyau en fer enfoncé dans le sol et entouré d'une masse de béton dans un tube Sonoco de 20 cm de diamètre comme le montre la figure 2. Un capuchon en laiton (voir [section 7.1](#)) est habituellement fixé à l'extrémité supérieure de la barre ou du tuyau.

Ce repère de nivellement est utilisé dans les types de sols comme les limons, les sables et l'argile, et il peut facilement être installé où il y a de petites pierres.

L'expérience a montré que le RNS est instable lorsque le trou foré pour l'installer pénètre la nappe phréatique. Il n'est pas pratique de l'installer en terrain rocheux non plus.

4.1.3 Repère de nivellement de type hydro

Le repère de nivellement de type hydro consiste en une barre d'acier dans un tuyau d'une longueur de 2,5 m et d'un diamètre de 50 mm. Le tuyau est fileté au sommet pour permettre d'y visser un casque de battage et est relié à une extrémité inférieure en forme de pointe comme le montre la figure 3. Après avoir été enfoncée dans le sol, la barre est séparée du tuyau et devient le véritable repère de nivellement (voir [section 6.3](#)). Le gel peut déplacer le tuyau, mais la barre à l'intérieur restera virtuellement intacte.

Le repère de nivellement de type hydro peut être installé dans tous les

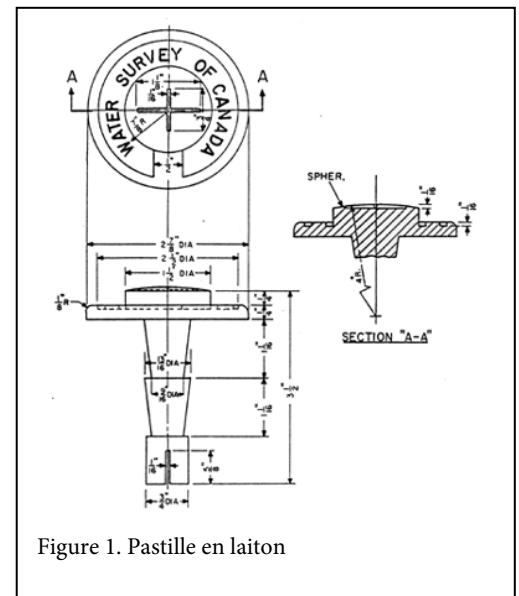


Figure 1. Pastille en laiton

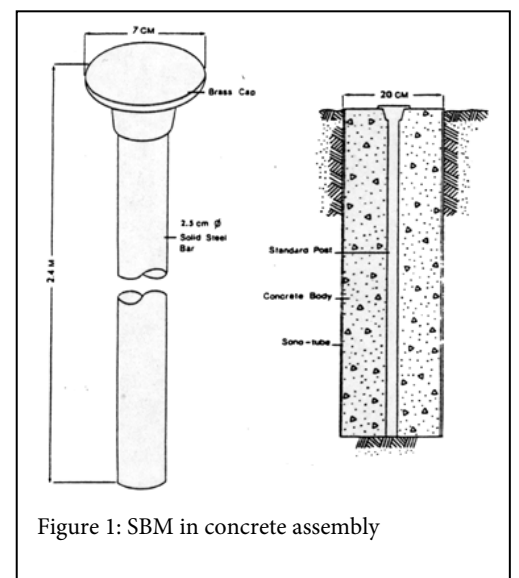
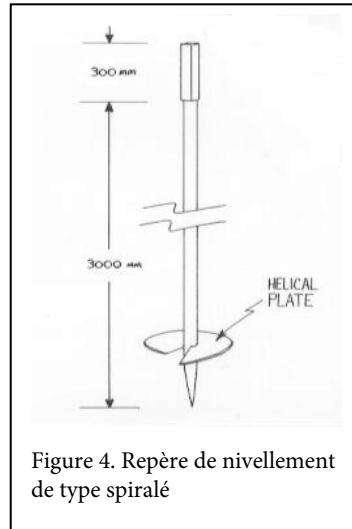
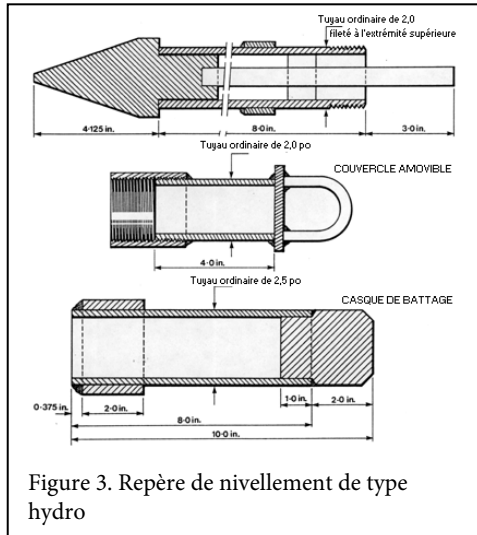


Figure 1: SBM in concrete assembly

types de sols où peut être enfoncé le tuyau en fer. Il est même possible de l'enfoncer dans des terrains renfermant des pierres de taille moyenne. Il est également considéré comme un bon repère de nivellement à utiliser dans les terrains marécageux.

4.1.4 Repère de nivellement de type spiralé

Le repère de nivellement de type spiralé consiste en une tige de 9 mm et de 3000 mm de longueur soudée à une barre de section carrée de 300 mm de longueur. Une unique plaque hélicoïdale de 150 mm de diamètre et d'une épaisseur de 1 mm est soudée à la tige comme l'indique la figure 4.



Le repère de nivellement est vissé dans le terrain sur toute sa longueur à l'aide d'une grue hydraulique. Un capuchon en laiton est fixé à l'extrémité supérieure de la tige.

Ce repère n'est utilisé qu'aux endroits où il n'y a pas de blocs et auxquels on peut se rendre en véhicule dans les régions où des grues sont disponibles.

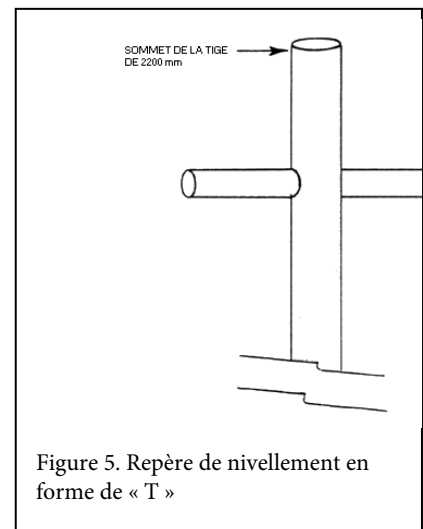
4.1.5 Repère de nivellement en forme de T

Le repère de nivellement en forme de « T » est une forme modifiée du repère spiralé (figure 5). Il consiste en une tige d'acier de 19 mm et d'une longueur de 2200 mm sur laquelle est soudée une unique plaque hélicoïdale d'un diamètre de 150 mm et d'une épaisseur de 6 mm.

De courtes tiges d'acier sont soudées en forme de « T » près de l'extrémité supérieure de la tige principale.

Le « T » s'insère dans le mandrin d'une tarière motorisée et la tige est vissée dans le sol.

Ce repère de nivellement est utilisé principalement lorsque l'accès par véhicule est limité et lorsque le terrain est virtuellement libre de blocs.



4.1.6 Repère de nivellement à tige de mise en terre

Le repère de nivellement à tige de mise en terre consiste en plusieurs sections de tige de 19 mm de diamètre d'une longueur approximative de 1,2 m. La pointe est la première section enfoncée. Cette tige est une barre d'armature à haute adhérence effilée sur 50 mm à une extrémité et arrondie ainsi que d'un diamètre de 6 mm à l'autre extrémité. Les autres tiges sont lisses et en acier doux laminé à froid. Toutes les tiges sont jointes au moyen de raccords à friction ordinaires pour tiges de mise en terre qui se resserrent à mesure que les tiges sont enfoncées dans le sol (voir figure 6). Un marteau électrique ou un marteau actionné au gaz est utilisé pour enfoncer dans le sol jusqu'à refus le repère de nivellement à tige de mise en terre.

Ce repère est principalement utilisé lorsque l'emplacement n'est pas accessible pour les véhicules ou lorsque les roches prédominent.

4.2 AUTRES TYPES DE REPÈRES DE NIVELLEMENT

Les repères suivants ne constituent pas des repères de nivellement standard de la *Division des relevés hydrologiques du Canada (DRH)*. Toutefois, ils ont été utilisés par le passé et on les trouve actuellement sur des formulaires de description de station :

- marques au ciseau ou peintes sur de grosses roches
- clous dans des arbres
- boulons peints sur des pylônes de lignes de transmission
- ancrages dans des massifs en béton
- tire-fonds dans des murs en aile de ponts
- tiges de mise en terre dans le pergélisol

Il est recommandé qu'un repère de nivellement standard additionnel soit utilisé à l'emplacement de stations ainsi marquées.

4.3 REPÈRES DE NIVELLEMENT TEMPORAIRES

Soulignez le caractère temporaire de ces repères de nivellement. Les repères de nivellement temporaires ne sont utilisés que pendant des périodes de relativement courte durée, habituellement jusqu'à ce que des repères de nivellement permanents puissent être installés. Ils servent pour des stations récemment construites et pour des stations existantes dont les repères de nivellement permanents ont été récemment détruits. Les tire-fonds et les clous, ou des marques sur des structures stables sont dans ce cas abondamment utilisés.

Il est important d'assurer la permanence du niveau de référence de la jauge de niveau de l'eau lorsque des repères de nivellement temporaires sont finalement rattachés aux repères de nivellement permanents.

4.4 MARQUES REPÈRES

Une marque repère est un point stable et accessible d'un pont, d'un quai, d'une culée ou d'un puits de mesure depuis lequel peut être mesurée la distance jusqu'à la surface de l'eau. Une marque repère est souvent tracée lorsqu'un indicateur classique a été détruit ou endommagé.

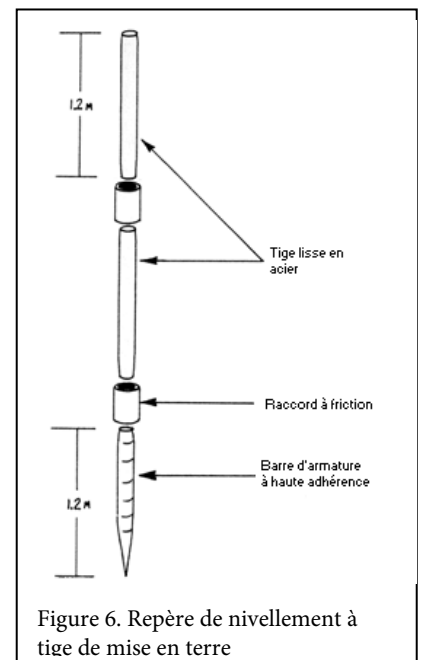


Figure 6. Repère de nivellement à tige de mise en terre

Un autre type de système de points de référence consiste à installer un ensemble de tiges stables ou de repères de nivellement vers le bas de la berge du cours d'eau, le long d'une ligne perpendiculaire à la direction du courant. Ces repères de nivellement font ensuite l'objet d'un nivellement par rapport au niveau de référence de la station (repères de nivellement permanents). Pour déterminer la hauteur d'un niveau de l'eau, l'observateur marche dans l'eau jusqu'à la dernière tige couverte. Ce système est utilisé lorsque les points de référence sont jugés instables.

Puisque les points de référence ne sont pas stables ils devraient être immédiatement rattachés aux repères de nivellement permanents.

5.0 STABILITÉ DES REPÈRES DE NIVELLEMENT

Le contenu de cette section consiste en modifications d'information tirée

- de la page 3 du Manuel pratique de levés hydrométriques – Nivellement, et
- des pages 3 et 7 de Recommendations for Survey Markers in Horizontal and Vertical Control Surveys.

Chaque station de jaugeage doit être référée à trois repères de nivellement indépendants, et ce afin d'assurer la permanence du niveau de référence local dans l'éventualité où un ou deux des repères de nivellement seraient perturbés ou détruits.

Lors de l'installation de repères de nivellement, il est impératif de choisir des emplacements présentant une grande stabilité. La stabilité de la position d'un repère de nivellement par rapport au terrain avoisinant est essentielle pour l'exploitation du repère.

Les repères de nivellement doivent être dispersés, éloignés de la berge du cours d'eau et de préférence au-dessus du niveau de la plaine inondable. Si les repères de nivellement sont placés à des endroits où se déroulent des travaux de construction ou des activités agricoles, ou encore sur les emprises de voies de transport, ils doivent être clairement balisés. Dans la mesure du possible éviter les emplacements suivants :

- les endroits présentant des signes d'affaissement des berges des cours d'eau;
- les pentes instables;
- les méandres de cours d'eau;
- les endroits où les taux d'érosion ou de dépôt sont élevés;
- les matériaux de remblayage non consolidés dans les digues ou près des routes;
- les endroits où le niveau de la nappe phréatique est élevé;
- les zones de construction.

L'action du gel est une cause majeure d'instabilité des repères de nivellement. Dans l'environnement d'une prairie, le sol peut geler jusqu'à plus d'un mètre sous la surface.

Afin de maximiser la stabilité d'un repère de nivellement, construisez-le avec un matériau dense, assurez-vous qu'il s'enfonce sous la ligne de gel et qu'il présente les plus petites surfaces de contact possibles avec la zone gelée.

Le pergélisol est le sol gelé en permanence, présent principalement en milieu de toundra arctique. Les repères de nivellement standard de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* ne peuvent être installés dans le pergélisol. Il faut alors installer les repères de nivellement dans les structures les plus stables qui soient disponibles, un affleurement du socle rocheux par exemple.

6.0 MÉTHODES D'INSTALLATION DE REPÈRES DE NIVELLEMENT

Chaque type de repère de nivellement exige une méthode spécifique d'installation. Ces méthodes sont discutées dans la présente section.

6.1 PASTILLE EN LAITON

Référez-vous à la [figure 1](#) lors de la discussion de la méthode d'installation d'une pastille en laiton.

1. Choisissez un ouvrage ou une structure rocheuse stables pour l'installation de la pastille;
2. utilisez une perceuse ou un ciseau pour forer un trou d'une profondeur de 75 mm et d'un diamètre de 18 mm dans la face de la structure de soutien;
3. appliquez le liant à la paroi du trou, installez la pastille dans le coulis et laissez durcir.

6.2 REPÈRE DE NIVELLEMENT STANDARD (RNS) DANS LE BÉTON

Référez-vous à la [figure 2](#) et à la figure 7 en décrivant la méthode d'installation d'un RNS dans le béton.

1. Choisissez un emplacement offrant la stabilité maximum;
2. forez un trou de 20 cm de diamètre jusqu'à une profondeur approximative de 2,4 m;
3. insérez un tube Sonoco et remplissez-le partiellement de béton prémélangé;
4. fixez un capuchon en laiton à la tige (voir figure 7) et plongez la tige dans le mélange de béton jusqu'à ce que le capuchon en laiton soit près de la surface;
5. finissez de remplir de béton le tube Sonoco;
6. placez le capuchon en laiton au niveau du béton.

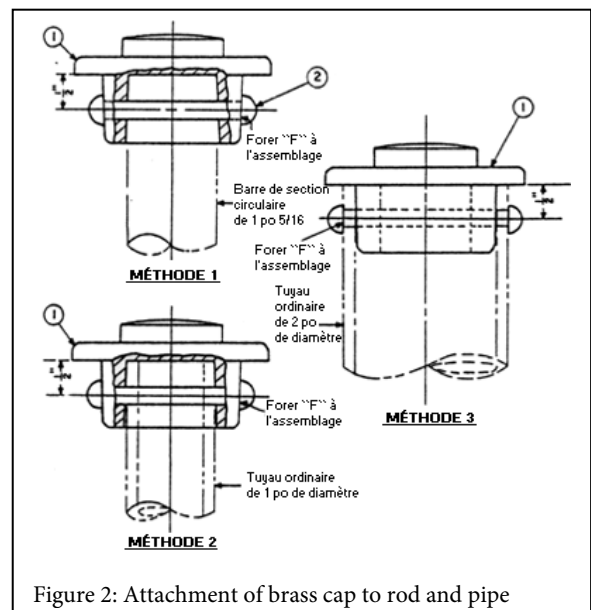


Figure 2: Attachment of brass cap to rod and pipe

6.3 REPÈRE DE NIVELLEMENT DE TYPE HYDRO

Référez-vous à la [figure 3](#) en décrivant la méthode d'installation d'un repère de niveau de type hydro.

1. Choisissez un emplacement offrant le maximum de stabilité;
2. vissez le casque de battage à l'extrémité fileté du tuyau;
3. à l'aide d'une masse, enfoncez le tuyau presque jusqu'au niveau du sol;
4. enlevez le casque de battage et enfoncez la tige d'acier sur approximativement 6 cm — cela sépare la tige du tuyau et de l'extrémité en forme de pointe;

5. installez le capuchon amovible sur le tuyau.

6.4 REPÈRE DE NIVELLEMENT DE TYPE SPIRALÉ

1. Utilisez une grue hydraulique pour tenir un adaptateur de 3 500 mm;
2. ajustez la tige du repère de nivellement et l'adaptateur au repère de nivellement;
3. à l'aide de la grue hydraulique, vissez la tige dans le sol sur toute sa longueur;
4. fixez un capuchon en laiton à l'extrémité supérieure de la tige (voir figure 7).

6.5 REPÈRE DE NIVELLEMENT EN FORME DE T

1. Creusez un trou de 30 cm de diamètre et d'une profondeur approximative de 60 cm pour que la tarière motorisée se trouve à une hauteur permettant à deux personnes de l'utiliser de manière sécuritaire;
2. insérez la partie en forme de « T » de la tige dans le mandrin de la tarière et serrer ce dernier;
3. vissez la tige dans le sol sur toute sa longueur, des pierres ou des roches peuvent l'empêcher de pénétrer jusqu'au bout, le cas échéant coupez la partie de la tige qui dépasse;
4. installez un capuchon en laiton sur la tige (voir figure 7).

6.6 REPÈRE DE NIVELLEMENT À TIGE DE MISE EN TERRE

On peut utiliser un marteau électrique ou un marteau à gaz pour enfoncer les tiges de mise en terre. La méthode générale est la suivante :

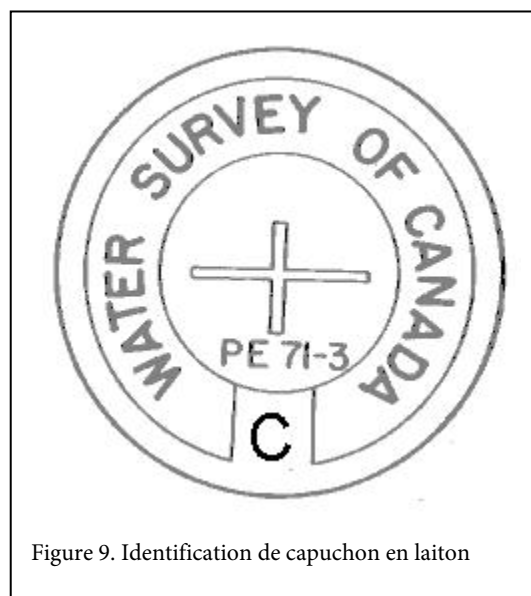
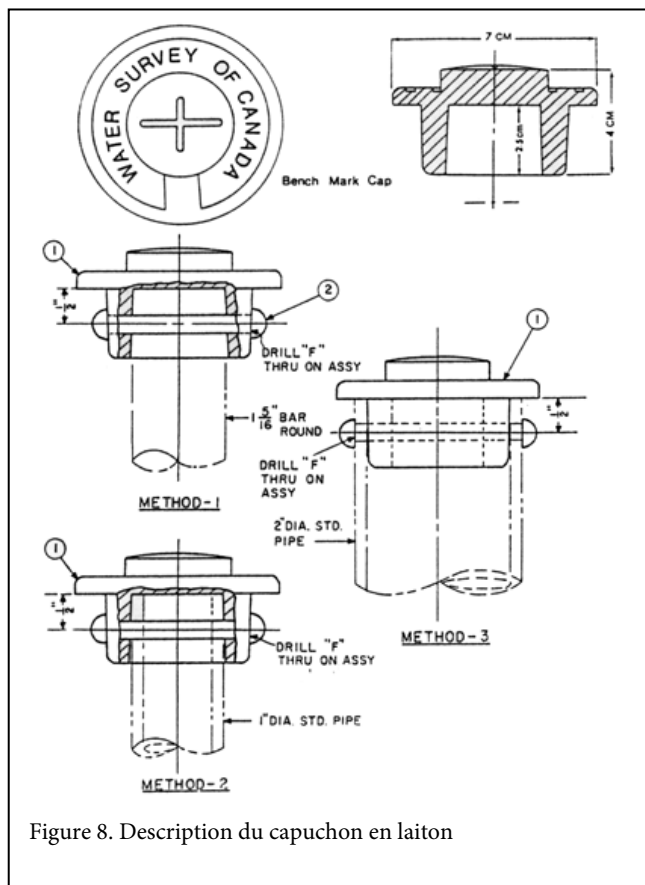
1. installez le marteau choisi;
2. enfoncez la barre d'armature à haute adhérence presque jusqu'au niveau du sol;
3. installez un raccord à l'extrémité supérieure de la barre d'armature;
4. ajoutez une section de tige en acier lisse et enfoncez-le presque jusqu'au niveau du sol;
5. répétez les étapes 3. et 4. jusqu'au refus de pénétration;
6. coupez la partie de tige qui dépasse et installez un capuchon en laiton.

7.0 TÊTES DE REPÈRES DE NIVELLEMENT

Les deux types de têtes de repères de nivellement utilisées par la *Division des relevés hydrologiques du Canada* sont le capuchon en laiton et la pastille en laiton. Une fois installés leur altitude est déterminée et cette altitude est utilisée comme point de référence lors des vérifications du niveau.

7.1 CAPUCHON EN LAITON

Le capuchon en laiton est fixé de manière permanente au RNS comme le montre la figure 8. Il est identifié par la lettre « C » poinçonnée sur sa face supérieure comme le montre la figure 9.



7.2 PASTILLE EN LAITON

La pastille en laiton est similaire au capuchon en laiton, mais conçue de manière à être installée dans une surface rocheuse ou de béton plutôt que pour être fixée à un tuyau ou une barre de fer (figure 10). Elle est identifiée par la lettre « P » estampée sur sa face supérieure comme le montre la figure 11.

Lorsqu'une pastille est installée sur une surface verticale, assurez-vous que sa partie centrale en saillie dépasse suffisamment de la surface pour permettre de placer une mire de nivellement sur la bordure de la couronne (figure 12). Étampez une flèche dans la surface de la pastille avec un ciseau ordinaire afin d'indiquer où il faut placer la mire de nivellement sur le rebord de la partie centrale en saillie. Remarquez qu'aucune des branches de la croix n'est placée à l'horizontale.

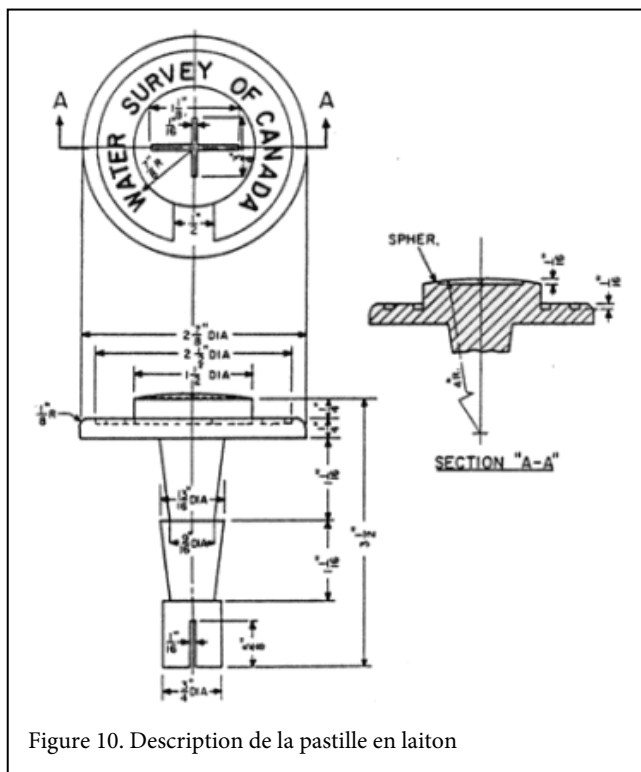


Figure 10. Description de la pastille en laiton

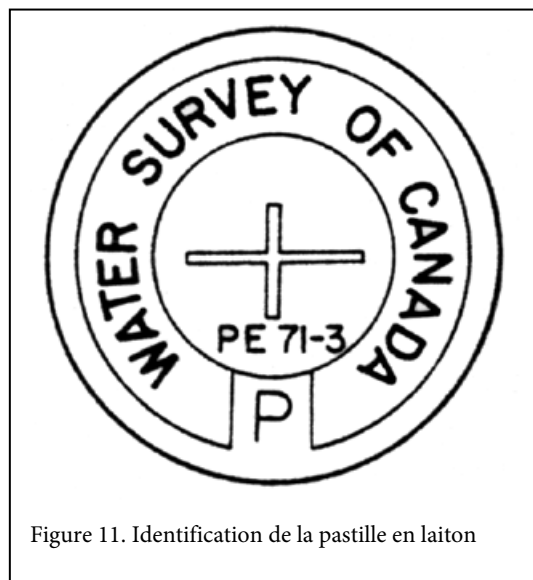
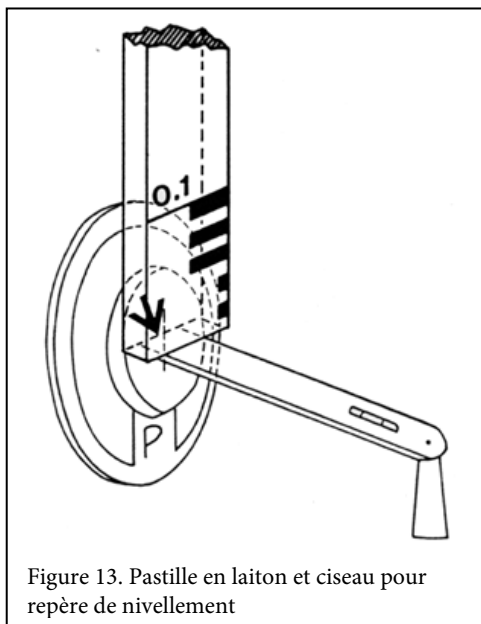
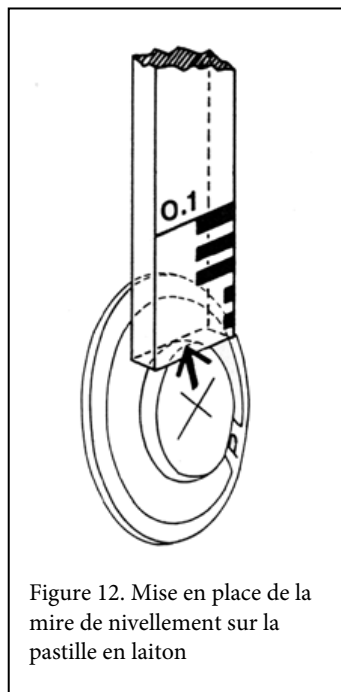


Figure 11. Identification de la pastille en laiton



Si la pastille est installée sous une saillie rendant inaccessible le rebord de la couronne, elle devrait être installée de manière à permettre de placer un ciseau pour repère de nivellement dans la rainure de la branche horizontale de la croix. La mire de nivellement peut alors être tenue sur le ciseau pour repère de nivellement ou sur la lame d'un couteau (figure 13).

Vous devez étamper une flèche sur la surface de la couronne pour indiquer le point auquel s'applique l'altitude mesurée.

8.0 MARQUAGE DES REPÈRES DE NIVELLEMENT

Au moment de leur installation, les emplacements des repères de nivellement doivent être clairement marqués afin de permettre de les retrouver facilement plus tard. Les repères de nivellement dont l'emplacement n'est pas marqué engendrent la confusion et sont souvent détruits.

À la *Division des relevés hydrologiques du Canada* la pratique ordinaire consiste à installer un simple écriteau sur un pieu enfoncé dans le sol à côté du repère de nivellement. Selon le type de repère de nivellement, d'autres types de marquages font intervenir l'utilisation de balises de levés et de peinture.

Pour empêcher une destruction accidentelle du repère de nivellement, il est nécessaire d'utiliser, dans les zones à circulation intense ou de construction, un écriteau à ressort du genre de ceux utilisés par les départements des transports.

9.0 IDENTIFICATION DES REPÈRES DE NIVELLEMENT

Le contenu de cette section a été tiré des pages 3 et 4 du Manuel pratique de levés hydrométriques – Nivellement.

Par le passé on n'a pas suffisamment insisté sur l'importance de la description unique et nette de chaque repère de nivellement. Avant 1984, un numéro d'identification, comme RN1, RN2, ou RN3 était attribué à chaque repère de nivellement à l'emplacement d'une station, habituellement dans l'ordre de leur installation. Le problème que posait ce système était qu'il existait des numéros d'identification différents à l'emplacement de chaque station de jaugeage, ce qui a souvent engendré la confusion et des erreurs de la part des techniciens et des utilisateurs.

En 1984, une norme nationale a été introduite afin de conférer aux repères de nivellement une plus grande individualité. Un numéro d'identification vérifié et enregistré dans chaque bureau régional est attribué à chaque repère de nivellement installé par la DRH. Ce numéro doit apparaître sur la surface de la couronne du repère de nivellement sous la plus longue des branches de la croix (figure 14).

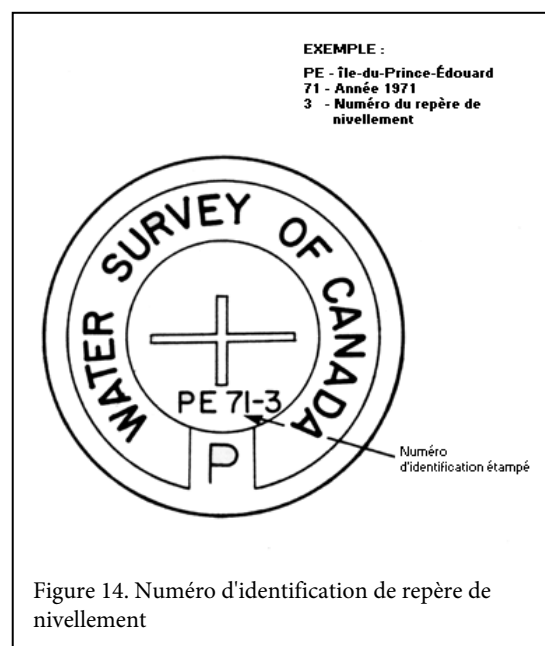


Figure 14. Numéro d'identification de repère de nivellement

L'identification estampée à l'aide d'un jeu de matrices de lettres et de chiffres assure une identification facile permettant d'obtenir aisément l'information pertinente lorsqu'on en a besoin.

La première des deux lettres du numéro d'identification indique la province ou le territoire dans lequel le repère de nivellement est situé. Les deux chiffres suivants indiquent l'année de l'installation, et le dernier chiffre représente l'ordre numérique d'attribution des numéros d'identification au cours d'une année civile donnée.

L'attribution et la vérification des numéros de série des repères de nivellement incombent au personnel du bureau régional. Les abréviations à utiliser pour chaque province ou territoire sont les suivantes :

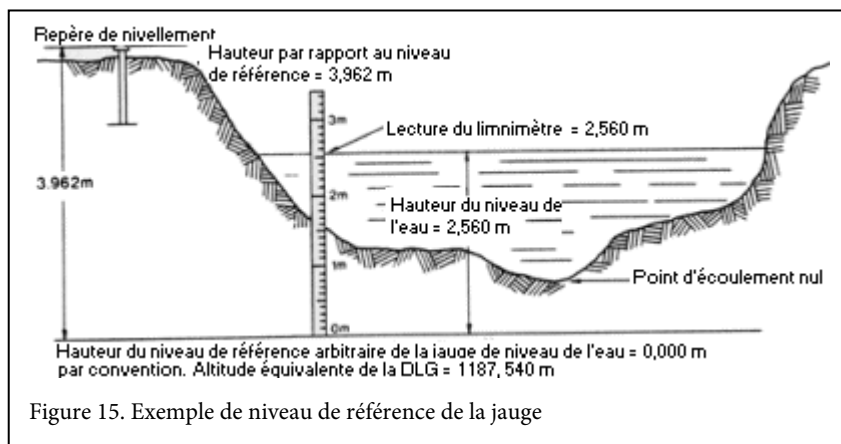
BC	–	Colombie-Britannique
A	–	Alberta
S	–	Saskatchewan
M	–	Manitoba
O	–	Ontario
NO	–	Ontario septentrional
NT	–	Territoires du Nord-Ouest
NS	–	Nouvelle-Écosse
PE	–	Île-du-Prince-Édouard
N	–	Terre-Neuve
YT	–	Yukon
Q	–	Québec
NB	–	Nouveau-Brunswick

10.0 NIVEAU DE RÉFÉRENCE DE LA JAUGE DE NIVEAU DE L'EAU

Le contenu de cette section a été tiré de la page 1 du Manuel pratique de levés hydrométriques – Nivellement.

10.1 ÉTABLISSEMENT DU NIVEAU DE RÉFÉRENCE DE LA JAUGE DE NIVEAU DE L'EAU

Pour obtenir des données précises et fiables concernant les niveaux d'eau, la jauge de niveau de la station et les repères de nivellement doivent être rapportés à un niveau de référence fixe qui est habituellement un plan choisi de manière arbitraire. Ce plan par rapport auquel tous les enregistrements du niveau sont effectués est appelé niveau de référence de la jauge de niveau de l'eau (figure 15).



Le niveau de référence de la jauge de niveau de l'eau se situe plus bas que la hauteur à laquelle l'écoulement nul pourra vraisemblablement être observé à l'avenir et permet néanmoins d'enregistrer de manière pratique des hauteurs relativement faibles à la jauge. En plaçant le niveau de référence de l'échelle limnimétrique sous la hauteur à laquelle l'écoulement nul est observé, il est possible d'éviter d'avoir à enregistrer des données négatives pour le niveau de l'eau. Le niveau de référence de la jauge devrait être suffisamment bas pour

permettre d'enregistrer des données positives sur le niveau dans les situations inhabituelles comme les écoulements extrêmement faibles ou l'écoulement dans des chenaux affouillés.

À l'occasion, lorsqu'une station a été exploitée pendant un certain temps, la configuration du chenal peut se modifier au point où l'écoulement nul se situe bien en dessous du niveau de référence de la jauge existante. Lorsque cela se produit, abaissez le niveau de référence pour tenir compte de la nouvelle configuration du chenal. Le technicien doit exprimer la hauteur du repère de nivellement en mètres au-dessus du niveau de référence de la jauge. À cette fin, supposez que le niveau de référence de la jauge est de 0,000 m dans tous les cas et réglez la jauge pour obtenir une lecture directe en mètres au-dessus du niveau de référence de la jauge.

10.2 PERMANENCE DU NIVEAU DE RÉFÉRENCE DE LA JAUGE DE NIVEAU DE L'EAU

La permanence du niveau de référence de la jauge de niveau de l'eau à la station de jaugeage constitue un élément très important de la collecte des données, et tout effort raisonnable devrait être tenté afin de la maintenir pour toute la durée des enregistrements. Ce point ressort encore davantage de l'étude et de l'évaluation de données anciennes et actuelles sur le débit à une station de jaugeage remise en service. Des données précises sur le niveau de l'eau sont à la base de la relation entre hauteur et débit. C'est pourquoi la permanence du niveau de référence de la jauge accroît considérablement la valeur des données hydrométriques dans de nombreuses études hydrologiques et techniques. Afin d'assurer cette permanence, le niveau de référence de la jauge de la station doit être basé sur trois repères de nivellement stables indépendants les uns des autres et indépendants de la jauge de niveau ou de l'ouvrage de jaugeage.

11.0 SURFACES DE RÉFÉRENCE

Le contenu de cette section est tiré de la page 3 du Manuel pratique de levés hydrométriques – Nivellement.

Tous les repères de nivellement courants devraient être référés à un plan de référence commun pour la localité et, si possible, à un plan de référence commun pour toutes les autres jauges de niveau pour l'ensemble du bassin versant. Par exemple, aux endroits où le plan de référence de la Division des levés géodésiques du Canada est abondamment utilisé dans toute une région, il est très utile de référer les données sur le niveau de l'eau à cette surface de référence. Cela fournit aux utilisateurs de données hydrométriques la pente moyenne de la surface de l'eau entre les stations de jaugeage successives d'un bassin versant.

Une liste des surfaces de référence utilisées par la *Division des relevés hydrologiques du Canada* est présentée ci-après :

Alberta Department of Highways
Arbitraire
Canada Land and Irrigation Co.
Canadien National
Canadien Pacifique
Division des levés géodésiques du Canada
Division des levés géodésiques du Canada (ancienne)
Zéro des cartes du Service hydrographique du Canada
Grands Lacs internationaux
Lac des Bois
Lac Winnipeg
Lethbridge Northern Irrigation District
Administration du rétablissement agricole des Prairies
Reclamation Service of Canada
Saskatchewan Conservation & Development Branch
Levés topographiques
United States and Canada Boundary Service
United States Reclamation Service.

Il incombe à tous les bureaux régionaux d'obtenir les données du canevas altimétriques relatives à la surface de référence à laquelle sont référés les repères de nivellement d'une localité spécifique. À divers intervalles, les organismes responsables des différentes surfaces de référence mettent à jour les cheminements altimétriques et effectuent ensuite les corrections qui s'imposent aux repères de nivellement matérialisant la surface de référence. Ces corrections sont publiées et disponibles aux bureaux de la DRH; elles doivent être appliquées aux repères de nivellement des stations de jaugeage locales. La figure 16 est tirée de la publication 50096 de la Division des levés géodésiques du Canada sur les données du canevas altimétrique. On y trouve les descriptions et les altitudes de tous les repères de nivellement rattachés au réseau de la DLG ainsi que les cheminements altimétriques parcourus lors de ces rattachements. L'année de la plus récente compensation de la surface de référence est indiquée à la suite de l'altitude du repère de nivellement. Il est nécessaire de noter cette année dans la documentation future.

Dans un grand nombre de cas, les stations de jaugeage ont été établies avec des repères de nivellement basés sur un niveau de référence arbitraire pour la jauge de niveau. Ultérieurement, ces repères de nivellement ont été rattachés à une autre surface de référence comme le plan de référence de la Division des levés géodésiques (DLG). Les enregistrements publiés du niveau de l'eau devraient être basés sur le plan de référence de la DLG et documentés en conséquence.

On doit chaque année obtenir les cheminements que se propose de parcourir la DLG. Sur demande, toute station de jaugeage située le long d'un de ces cheminements sera rattachée au plan de référence de la DLG.

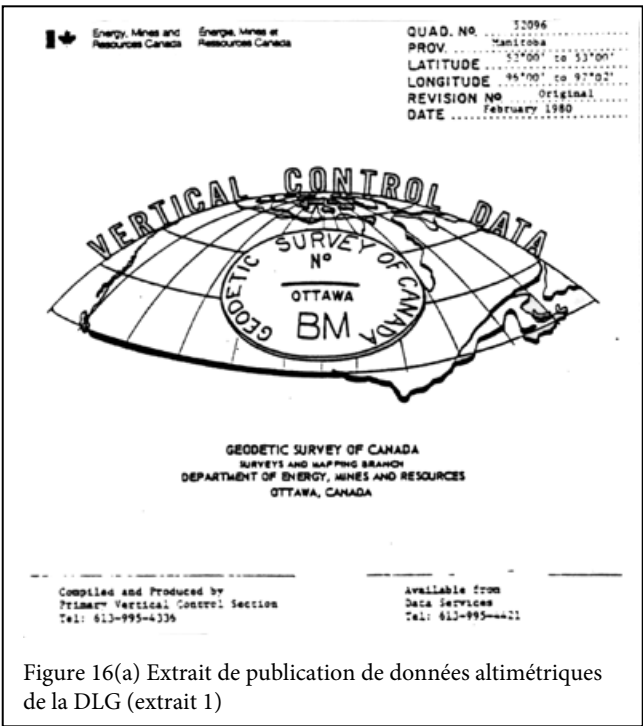


Figure 16(a) Extrait de publication de données altimétriques de la DLG (extrait 1)

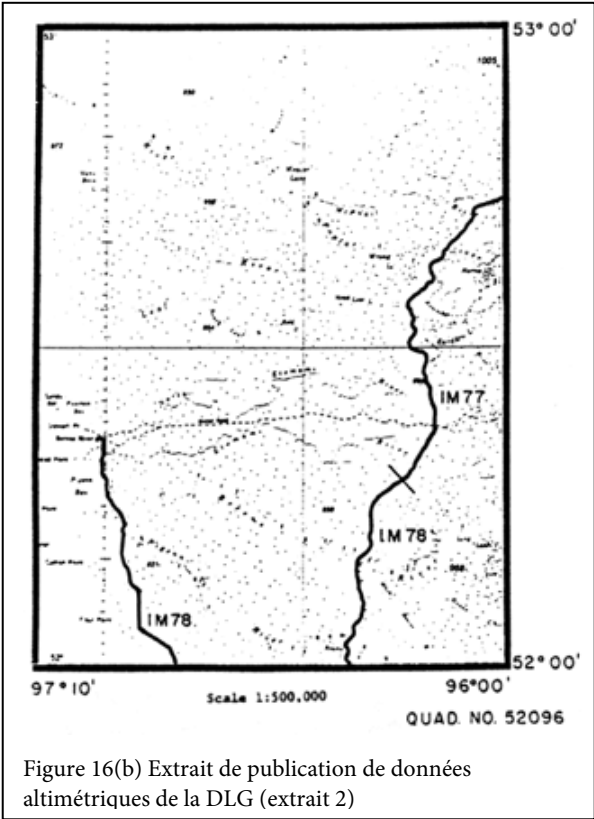


Figure 16(b) Extrait de publication de données altimétriques de la DLG (extrait 2)



Figure 16(c) Extrait de publication de données altimétriques de la DLG (extrait 3)

12.0 DOCUMENTATION

Une bonne documentation et un entretien convenable des fichiers de données constituent les fondements du contrôle de la qualité. Il faut documenter les repères de nivellement et les surfaces de référence sur les fichiers suivants :

- Notes d'inspection hydrométrique
- Formulaire de description de station
- Formulaire d'étude de la jauge de niveau
- Inventaire de station de jaugeage (HYDEX)
- Formulaire de surface de référence actuelle
- Analyse de la station.

12.1 NOTES D'INSPECTION HYDROMÉTRIQUE

Lorsqu'un nouveau repère de nivellement est établi, inscrivez les renseignements suivants dans les notes d'inspection :

1. date d'installation
2. numéro d'identification du repère de nivellement
3. emplacement du repère de nivellement d'après deux mesures de référence
4. altitude.

Prenons comme exemple un repère de nivellement installé sur la rivière Wilson près d'Ashville le 5 octobre 1983 (figure 17). Les notes d'inspection fournissent une description complète et un croquis du repère de nivellement ainsi que son altitude telle que déterminée d'après un cheminement depuis le RN1 principal (le RN1 a été installé avant l'introduction du système de numérotation de 1984).

Transférez l'information concernant le repère de nivellement des notes d'inspection au formulaire de description de station. Modifiez le croquis et ajoutez une description écrite ainsi que l'altitude du nouveau repère de nivellement (figure 18).

HYDROMETRIC SURVEY NOTES				
Station <u>WILSON RIVER NEAR ASHVILLE</u> Sta. No. <u>05LJ045</u>				
Date <u>OCTOBER 5 19 83</u> Party <u>P. PELLETIER AND C. BOWDEN</u>				
Temp. A. <u>7</u> °C	W. <u>6</u> °C	Wind	Atmos.	
Mean vel. <u>0.707</u>		Corr. M.G.H.	Discharge	
Measurement began at <u>1403</u> ended at <u>1406</u>				
Levels obtained <u>ZERO W.M.G. = 0.006 M.</u> ELEV. BM M83-3 = <u>5.702 M.</u>				
Time	Vertical	Pen	Inside	Outside
<u>1403</u>		<u>0.700</u>		<u>0.701</u>
Meter number <u>1403</u>				
Date calibrated <u>1403</u>				
Current meter <u>1403</u>				
Method <u>1403</u>				
No. of vert. sect. <u>1403</u>				
Angle of flow <u>1403</u>				
Observer visited <u>1403</u>				
Book inspected <u>1403</u>				
Recorder <u>1403</u> days remaining <u>1403</u>				
Weather conditions <u>1403</u>				
Measurement: Wading, cableway, boat, ice cover, Upstream, downstream side of bridge				
Remarks: Include condition of station equipment				
<u>BENCH MARK INSTALLATION THIS DATE</u>				
<u>M83-3 W.S.C. BRASS CAP ON STEEL ROD</u>				
<u>EMBEDDED IN R.A.M. OF CONCRETE LOCATED</u>				
<u>21.0 M. WEST OF BRIDGE AND 28.5 M.</u>				
<u>NORTH OF CENTERLINE OF HIGHWAY #5.</u>				
<u>ELEVATION 5.702 M.</u>				
Computed by <u>CUB</u> Checked by <u>GHF</u>				

Figure 17(a) Notes d'inspection hydrométrique

LEVEL NOTES #				
STATION	S.S.	HT. INST.	F.S.	ELEVATION
<u>BM-1</u>	<u>1.316</u>	<u>6.623</u>		<u>5.307 S.I.B.M.</u>
<u>M83-3</u>		<u>9.21</u>	<u>5.702</u>	<u>WRB BRASS CAP</u>
	<u>6.601</u>	<u>6.607</u>	<u>6.617</u>	<u>0.006 ZERO W.M.G.</u>
<u>M83-3</u>		<u>9.05</u>	<u>5.702</u>	<u>WRB BRASS CAP</u>
<u>BM-1</u>		<u>1.300</u>	<u>5.307</u>	<u>S.I.B.M.</u>
<u>CLOSURE ERROR = 0</u>				
<u>GAGE CORRECTION W.M.G. = 0.006 M.</u>				
SKETCHES ELEVATION M83-3 = <u>5.702 M.</u>				

Figure 17(b) Notes d'inspection hydrométrique

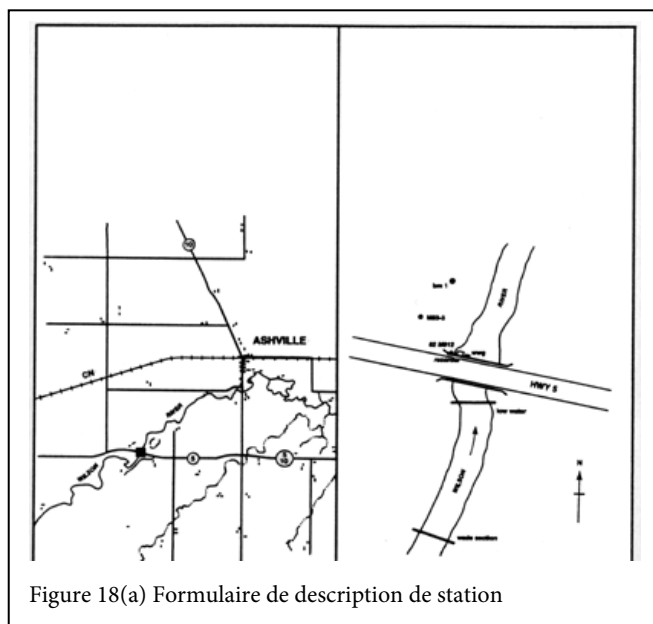


Figure 18(a) Formulaire de description de station

ENVIRONMENT CANADA WATER SURVEY OF CANADA	
DESCRIPTION OF STATION	
Station No. <u>051J045</u>	
Station Name: <u>WILSON RIVER</u>	Prov. <u>Manitoba</u>
<u>NEAR ASHVILLE</u>	
Name of Observer: _____	Telephone _____
Residence Location: _____	
Location: Lat. <u>51°02'30"</u> Long. <u>100°20'00"</u>	
in <u>SE</u> sec. <u>15</u> Twp. <u>25</u> Rge. <u>21</u> Map <u>10</u>	
<u>Established March 1, 1979</u>	
<u>Located 2.4 km west of the junction of Hwy. 5 and 10</u>	
Description of gauging equipment and location: <u>A-35 Knight Drive Functional recorder installation located on downstream side of west pier. Recorder is referenced to WNC. I.P. = 0.0, is left end of edge rail on upstream side.</u>	
Description of Control and Measuring Sections: <u>Streambed is shale and small boulders and is liable to shift.</u>	
Prepared or Revised by <u>R.C.</u> date <u>88/10/24</u>	
ELEVATION OF GAUGE DATUM AND DESCRIPTION OF BENCH MARKS Elevation of Gauge Datum: <u>0.000 m</u> and <u>43.917 m</u> to <u>284</u> to <u>USC (1982)</u> <u>83</u> Conversion Equation: _____ to convert to _____	
BENCH MARK DESCRIPTION AND ELEVATION BM 1 - <u>SYM 52.7 m north from concrete face of northwest wingwall.</u> Elevation Gauge Datum = <u>5.037 m</u> Est. <u>1965</u> 82 M012 - <u>Brass cap mounted horizontally in north-west abutment</u> Elevation Gauge Datum = <u>6.621 m</u> Est. <u>1982</u> M83-3 - <u>WSC brass cap on steel rod imbedded in 2.4 m of concrete located 21.0 m west of bridge and 28.5 m north of center line of Hwy #5</u> Elevation Gauge Datum = <u>9.702 m</u> Est. <u>1985</u> DIMENSIONED SKETCH OF GAUGE OR INTAKES	

Figure 18(b) Formulaire de description de station

12.2 FORMULAIRE DE DESCRIPTION DE STATION

Le formulaire de description de station fournit la liste de tous les repères de nivellement associés à une station de jaugeage particulière (figure 18). Parmi les renseignements à porter sur ce formulaire mentionnons :

1. les emplacements des repères de nivellement sur le croquis;
2. les descriptions complètes des repères de nivellement;
3. l'altitude du niveau de référence de l'indicateur;
4. les altitudes des repères de nivellement et l'année de leur installation;
5. la conversion à une autre surface de référence, le cas échéant.

Mettez à jour la description de station si :

1. de nouveaux repères de nivellement sont installés;
2. des repères de nivellement existants sont détruits;
3. des déplacements des repères de nivellement entraînent des modifications de leur altitude;
4. il y a une modification de la surface de référence.

Afin de prévenir toute confusion et des erreurs, il est essentiel de conserver en tout temps une description de station parfaitement à jour.

12.3 FORMULAIRE D'ÉTUDE DE LA JAUGE

L'historique de la jauge consiste en une liste chronologique de toutes les activités reliées aux repères de nivellement

12.5 FORMULAIRE DE NIVEAU DE RÉFÉRENCE ACTUEL

Remarque — ce formulaire n'est actuellement utilisé qu'au Manitoba.

L'objet du formulaire de niveau de référence actuel (figure 21) est la définition de manière non équivoque du niveau de référence utilisé à une station de jaugeage; il sert également à assurer par une vérification annuelle que le niveau de référence utilisé est le bon.

Parmi les renseignements qui y sont portés mentionnons :

1. la description et la hauteur du repère de nivellement principal;
2. le type de niveau de référence utilisé et l'année où il a été adopté;
3. la description et l'altitude du repère de nivellement rattaché au niveau de référence;
4. la date du plus récent rattachement du repère de nivellement principal au repère de nivellement rattaché au niveau de référence.

Un formulaire de niveau de référence actuel est présenté à la figure 21. Remarquez que puisqu'un niveau de référence arbitraire est utilisé, on considère que le repère de nivellement principal est le repère de nivellement rattaché au niveau de référence.

12.6 ANALYSE DE LA STATION

L'analyse de la station est un résumé annuel de toutes les activités reliées à une station de jaugeage spécifique (figure 22). L'analyse de la station est décrite de manière détaillée dans le cours n° 22.

L'information portée dans ce document devrait englober les installations de nouveaux repères de nivellement, les repères de nivellement détruits ou perdus et les compensations du niveau de référence effectuées pendant l'année.

FORMULAIRE DE NIVEAU DE RÉFÉRENCE ACTUEL			
DONNÉES SUR LA STATION DE JAUGEAGE		STATION N° <u>05LJ045</u> NOM DE LA STATION <u>WILSON RIVER NEAR ASHVILLE</u>	
NIVEAU DE L'END RELEVEMENT	☐	À DISTANCE	☐
DÉST	☒	CLASSIQUE	☒
		CONTINU	☐
REPÈRE DE NIVELLEMENT PRINCIPAL À LA STATION DE JAUGEAGE		NIVEAU DE RÉFÉRENCE ACTUELLEMENT UTILISÉ	
DÉSIGNATION DU REPÈRE <u>BM-1</u>		TYPE DE NIVEAU DE RÉFÉRENCE ET ANNÉE <u>1978 ASSUMED</u>	
DESCRIPTION ET HAUTEUR DU REPÈRE <u>SIBM 52.7 M NORTH FROM CONCRETE FACE OF NORTHWEST WINDMILL</u>		DESCRIPTION ET HAUTEUR DU REPÈRE DE NIVELLEMENT RATTACHÉ AU NIVEAU DE RÉFÉRENCE <u>BM-1</u>	
ELEVATION <u>5.307 M</u>			
Date du plus récent rattachement <u>24-6-05</u>			
Nom de celui qui a effectué le rattachement et méthode utilisée <u>C. Boudreau ANNUAL LEVEL CHECK</u>			
Années d'application		Compared by/Calculé par <u>CBH</u> Date <u>05/06/05</u>	
1982 1983 1984		Checked by/Vérifié par <u>CBH</u> Date <u>05/06/05</u>	

Figure 21. Formulaire de niveau de référence actuel



Environment Canada
Water Resources
Branch

Environnement Canada
Direction des
ressources en eau

STATION ANALYSIS
ANALYSE DE LA STATION

Station Name / Nom de la station: WILSON RIVER NEAR ASHVILLE
Station No. / N° de la station: 05LJ045
For the Year / Pour l'année: 19 83

Stage Record/Rapport sur la hauteur d'eau:

Les enregistrements sont effectués à l'aide d'un limnigraphe à flotteur Stevens A-25 entraîné par ressort spiral à couple quasi constant. Le limnigraphe a été mis en marche le 30 mars et a fonctionné de manière ininterrompue jusqu'au 2 novembre. Les enregistrements manquent du 30 mars au 11 avril en raison du gel dans le puits. Les hauteurs relevées au limnimètre ont été supprimées sur le graphique pour la période du 12 au 14 avril. Une corrélation avec l'hydrogramme pour le ruisseau Edwards quant aux débits jaugés et aux observations du cours d'eau a aidé pour l'estimation des données.

Discharge Measurements/Jaugeages du débit:

Onze jaugeages et deux vérifications du niveau ont été effectués cette année. Deux jaugeages ont été effectués sous la glace et les autres ont été effectués à la section de jaugeage à gué à l'amont.

Stage-Discharge Relationship/Relation "Hauteurs-débits":

Un refoulement d'eau attribuable à la glace a influencé le débit du cours d'eau jusqu'au 27 avril. La courbe n° 15 en date du 20 novembre 1981 a été utilisée pour toute la durée de la période. Des corrections d'écart ont été appliquées du 21 avril jusqu'en novembre. L'affouillement de la section de contrôle et la croissance d'herbes ont influencé la relation hauteur-débit à plusieurs reprises. L'ensablement et la croissance d'herbes aquatiques se sont produits après la débâcle en avril.

Remarks/Remarques

La RN M83-3 a été installé le 5 octobre 1983 (voir la note sur le niveau pour la description). D'autres cheminements de nivellement sont impératifs afin de vérifier la stabilité de ce repère de nivellement.

INFORMATION RELIÉE AU
REPÈRE DE NIVELLEMENT

067-2130 (11/78) R242

Prepared by/Préparé par R. Z. Date 84/02/03	Approved by/Approuvé par Date 84/03/01

Figure 22. Formulaire d'analyse de la station

13.0 RÉSUMÉ

L'agent itinérant devrait maintenant s'être familiarisé avec les termes et définitions associés aux repères de nivellement et aux niveaux de référence des jauges de niveau de l'eau. Les types de repères de nivellement utilisés par la *Division des relevés hydrologiques du Canada* et les méthodes d'installation de ces repères ont été décrits. L'importance de la permanence du niveau de référence de la jauge a été soulignée. Les méthodes de documentation des repères de nivellement ont également été décrites.

14.0 MANUELS ET RÉFÉRENCES

14.1 MANUELS

Environnement Canada (1982). Manuel pratique de levés hydrométriques – Mesure de niveaux. Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 52 p.

Environnement Canada (1984). Manuel pratique de levés hydrométriques – Nivellement. Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 14 p.

14.2 RÉFÉRENCES

Chubak, J.H. (1987). Saskatchewan Construction, Upgrading and Maintenance 1986–1987 Annual Report. Environnement Canada, Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Regina.

Énergie, Mines et Ressources (1972). Recommendations for Survey Markers in Horizontal and Vertical Control Surveys. Sous-comité sur l'abornement, Ottawa.

Province du Manitoba (1978). Survey information in Manitoba. Direction générale des levés et de la cartographie, Winnipeg.



Environment
Canada

Environnement
Canada

RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

Cours n° 4 — Matériel de mesure de niveau de l'eau - limnimètres

F. Slabosz
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
854 200-4e Avenue, S.E.
Calgary (Alberta)
Canada T2G 4X3

Droits d'auteur © 1999. Tous droits réservés.

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	OBJET ET CONTEXTE	1
2.0	OBJECTIFS	2
3.0	INTRODUCTION	3
4.0	TYPES DE LIMNIMÈTRES.....	4
4.1	ÉCHELLES LIMNIMÉTRIQUES	4
4.1.1	Échelle limnimétrique verticale.....	4
4.1.2	Échelle limnimétrique inclinée.....	6
4.2	LIMNIMÈTRES À FIL LESTÉ.....	7
4.2.1	Introduction.....	7
4.2.2	Limnimètre à fil lesté jalonné.....	8
4.2.3	Limnimètre à fil lesté et à compteur	10
4.3	LIMNIMÈTRE EN PORTE-À-FAUX.....	10
4.4	LIMNIMÈTRE À FLÈCHE	10
4.5	LIMNIMÈTRE À CHAÎNE	11
4.6	SONDE LIMNIMÉTRIQUE ÉLECTRIQUE	12
4.7	LIMNIMÈTRE À FLOTTEUR.....	13
4.8	POINTE LIMNIMÉTRIQUE RECOURBÉE	13
5.0	AUTRES MOYENS DE MESURER LE NIVEAU DE L'EAU.....	15
5.1	MARQUES REPÈRE ET POINTS DE REPÈRE.....	15
5.2	ÉCHELLE À MAXIMUMS.....	15
6.0	OBSERVATEURS DE LIMNIMÈTRES.....	16
7.0	RÉSUMÉ.....	16
8.0	MANUELS ET OUVRAGE DE RÉFÉRENCE.....	17
8.1	MANUELS PRATIQUES.....	17
8.2	OUVRAGE DE RÉFÉRENCE	17

1.0 OBJET ET CONTEXTE

On peut diviser le matériel nécessaire à la collecte des données limnimétriques en trois grandes catégories :

1. les limnimètres;
2. les limnigraphes, qui assurent l'enregistrement graphique continu des niveaux de l'eau;
3. les dispositifs qui fournissent des données en temps réel.

La présente leçon traite des méthodes sans enregistrement qui sont utilisées pour recueillir les données limnimétriques. Elle constitue en outre un approfondissement de la matière étudiée à la leçon n° 1. Une grande partie du contenu de la présente leçon est tirée du « Manuel pratique de levés hydrométriques – Mesure de niveaux ».

2.0 OBJECTIFS

La présente leçon vise à permettre aux nouveaux techniciens en hydrométrie de se familiariser avec les méthodes utilisées pour obtenir des données limnimétriques précises avec un limnimètre et pour inscrire celles-ci de façon appropriée.

Les types de limnimètres étudiés dans cette leçon sont :

- les échelles limnimétriques verticales,
- les échelles limnimétriques inclinées,
- les limnimètres à fil lesté,
- les limnimètres en porte-à-faux (des types à chaîne et à fil),
- les limnimètres à flèche,
- les limnimètres à flotteur,
- les sondes limnimétriques électriques,
- les pointes limnimétriques recourbées et
- les échelles à maximums.

Les limnimètres énumérés ci-dessus feront l'objet d'une description de leurs caractéristiques physiques, de leur stabilité, de leur précision et de leur mode de fonctionnement. Enfin, la leçon traitera aussi des autres dispositifs de mesure du niveau de l'eau, du rôle des observateurs de limnimètres et des contrats d'observateurs.

3.0 INTRODUCTION

Les *limnimètres* sont des dispositifs de mesure manuelle du niveau de l'eau que l'on utilise aux stations hydrométriques. Étant donné qu'ils n'enregistrent pas automatiquement le niveau de l'eau, il revient au technicien ou à l'observateur de les faire fonctionner et d'en effectuer la lecture.

Dans le cas des stations qui ne sont pas dotées d'un limnigraphe, le limnimètre constitue la jauge principale. Par contre, si la station est munie d'un limnigraphe, les limnimètres jouent alors le rôle d'échelle de contrôle ou d'échelle auxiliaire. L'échelle de contrôle sert d'outil de référence pour l'étalonnage du limnigraphe. Tous les autres limnimètres sont considérés comme des échelles auxiliaires.

On peut obtenir des renseignements supplémentaires sur les niveaux de l'eau en utilisant d'autres méthodes dans les cas où on ne dispose pas d'une échelle de contrôle ou d'une échelle auxiliaire. Ces méthodes comprennent le nivellement direct à partir d'un repère de nivellement ou la mesure du niveau à l'aide d'une marque repère ou d'un point de repère.

4.0 TYPES DE LIMNIMÈTRES

4.1 ÉCHELLES LIMNIMÉTRIQUES

4.1.1 *Échelle limnimétrique verticale*

L'instrument manuel le plus communément utilisé est l'échelle limnimétrique verticale que l'on rencontre dans toutes les régions en raison de son coût peu élevé et du fait qu'il est facile de procéder à son installation. L'échelle limnimétrique est constituée de règles d'acier émaillées d'un mètre de longueur qui sont graduées de façon précise à tous 0,002 m. En outre, elles présentent des marques bien visibles à chaque centimètre et à chaque décimètre. Les règles sont placées sur un support arrière qui est fixé solidement à l'intérieur d'un puits de mesure ou sur une surface verticale telle que la culée d'un pont, une pile ou le pilier d'un quai. L'ensemble règle-support peut aussi être attaché à une lourde section de tuyau, à un fer-cornière ou à une bride que l'on enfonce dans le lit du cours d'eau. Le support est doté de rainures à la hauteur du point d'attache afin de permettre le réglage vertical de l'échelle. En outre, un traitement sous pression ou une couche de peinture est appliqué au support pour en prévenir la détérioration.

Il faut installer les échelles limnimétriques de façon qu'elles soient protégées des glaces et des débris flottants et qu'elles ne soient pas soumises à l'incidence des phénomènes de refoulement de l'eau et d'abaissement du niveau. Les phénomènes locaux de faible importance peuvent être atténués en plaçant la règle de façon parallèle au courant et en fixant, du côté amont du support, une moulure en bois afin de lui donner une forme hydrodynamique. Quand le limnimètre est utilisé comme échelle extérieure d'une station munie d'un limnigraphe, il faut l'installer aussi près que possible de l'extrémité de la prise d'eau ou de la prise de pression (dans le cas d'un limnigraphe à contre-pression). Dans la plupart des cas, on devra installer l'échelle au bord de l'eau.

S'il est nécessaire d'utiliser plus d'une échelle extérieure, il faut installer celles-ci sur une ligne perpendiculaire à la direction du courant. Il faut ramener le zéro des échelles à une cote du zéro commune afin d'assurer l'uniformité des mesures. En outre, on doit numérotter les échelles, déterminer leurs coordonnées d'après des objets fixes et inscrire ces renseignements sur la formule « Descriptions de la station ».

Les échelles limnimétriques doivent être nettoyées régulièrement pour que l'on puisse les lire facilement. Il est à noter qu'il faut en faire la lecture près de la surface de l'eau de façon à éviter les erreurs de parallaxe. En outre, on doit être assez près de l'échelle pour pouvoir distinguer le ménisque au moment de la lecture car on doit relever la valeur correspondant à la partie inférieure du ménisque. Quand le niveau de l'eau varie, il est nécessaire d'en effectuer plusieurs mesures sur une période de quelques minutes. On enregistrera alors le niveau moyen.

Lorsque deux règles ou plus sont installées sur un support, on doit mesurer la longueur totale de l'échelle limnimétrique car il arrive parfois que l'épaisseur de la couche d'émail recouvrant les extrémités des règles constitue un ajout substantiel à la longueur de ces dernières qui doivent mesurer initialement un mètre; il est nécessaire d'enlever cet excès de peinture à l'aide d'une lime ou d'une brosse métallique.

La figure 1 illustre une échelle limnimétrique verticale fixée à un mur en aile. Un tel type d'installation présente une bonne stabilité et une protection adéquate contre les glaces et les débris flottants, car il est situé dans un bassin d'amortissement.



Figure 1. Échelle limnimétrique verticale fixée sur un mur en aile

La figure 2 présente une échelle limnimétrique verticale fixée à la tête en laiton d'un repère de nivellement. Celle-ci est installée sur un tuyau d'acier court qui est soudé à une ancre à tige filetée. La règle limnimétrique est fixée sur le repère de nivellement dont la tête en laiton constitue le zéro. On peut ainsi placer la tige de nivellement directement sur la tête en laiton afin d'effectuer des vérifications de niveau.

Ce type d'échelle limnimétrique verticale est bien adapté aux endroits où on ne peut installer un pilier solide, comme par exemple les cours d'eau ou les lacs dont le lit est vaseux. Une telle installation est particulièrement utile dans le cas des lacs où il n'y a pas d'installation stable et permanente comme un quai s'avancant vers le large et baignant dans l'eau, peu importe le niveau. Puisque l'échelle limnimétrique verticale est fixée sur un ressort, il y a beaucoup moins de risques qu'elle soit détruite par les glaces, les débris ou les embarcations.

Les figures 3 et 4 illustrent des installations pour des situations temporaires ou d'urgence. Les règles que l'on voit à la figure 3 sont fixées sur une planche qui est enfoncée dans le lit du cours d'eau. On peut remarquer sur la photo le phénomène de refoulement de l'eau du côté amont de l'échelle et l'abaissement du niveau du côté opposé. Si une telle situation se présente, il faut faire preuve de bon jugement pour obtenir une lecture précise du niveau de l'eau.

L'installation qui est illustrée à la figure 4 est semblable à celle de la figure précédente sauf que la planche est fixée à un fer-cornière qui a été enfoncé dans le lit du cours d'eau. Il convient de noter que ces deux types d'installation peuvent être détruits par les glaces ou les débris flottants. Par conséquent, ils ne sont recommandés que pour une utilisation temporaire ou d'urgence.



Figure 2. Échelle limnimétrique verticale fixée à une ancre à tige filetée

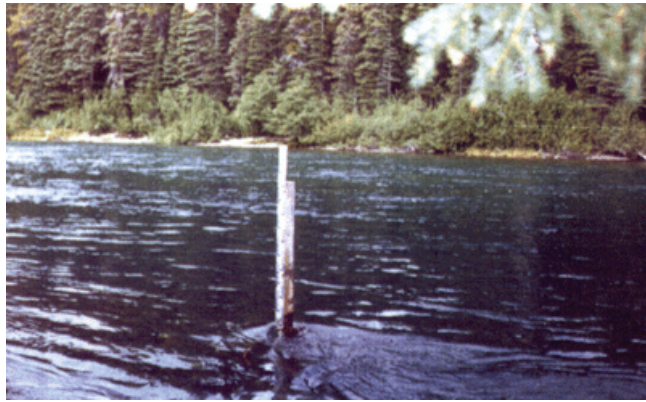


Figure 3. Échelle limnimétrique verticale soumise à des phénomènes de refoulement de l'eau et d'abaissement du niveau



Figure 4. Échelle limnimétrique verticale fixée à un fer-cornière

Il faut effectuer des vérifications de niveau quand on utilise ce type d'installation. Pour ce faire, on doit fixer un support sur la planche-support de sorte que l'on puisse placer la tige de nivellement à une hauteur particulière.

4.1.2 Échelle limnimétrique inclinée

L'échelle limnimétrique inclinée est une échelle limnimétrique verticale installée sur un plan incliné. Ce type d'échelle peut être surélevé ou déposé directement sur le sol. Si le cours d'eau a tendance à présenter un écoulement chargé de débris ou de glace, il est alors préférable de construire l'échelle inclinée au raz du sol. Par contre, si l'emplacement est sujet à l'envasement, l'utilisation d'une échelle surélevée se révélera avantageuse. On se sert de telles échelles principalement aux endroits où l'écart entre les niveaux d'eau pendant les étiages et les crues est important ainsi qu'aux endroits où il est peu commode d'employer une série d'échelles limnimétriques verticales ou un limnimètre en porte-à-faux (voir la [section 4.3](#)). Étant donné que l'on peut rencontrer des pentes s'étendant sur 30 m ou plus, ce type d'échelle est très bien adapté aux lacs et il peut aussi jouer le rôle d'échelle auxiliaire.

Les échelles inclinées peuvent être installées de façon à permettre une lecture directe ou indirecte (on doit alors se servir d'une table de conversion) des niveaux de l'eau. Dans le cas des échelles à lecture directe, les niveaux sont d'abord déterminés, puis inscrits sur l'échelle inclinée : on peut ainsi lire directement le niveau de l'eau. Les échelles à lecture indirecte sont, quant à elles, constituées de règles standard pour lesquelles on a élaboré une table de conversion correspondant à chaque section de l'échelle présentant une pente donnée.

On peut voir à la figure 5 une échelle limnimétrique inclinée présentant diverses sections dont les pentes sont différentes. L'échelle en question est installée sur des poutres-H qui sont enterrées dans le sol en dessous de la profondeur de gel afin d'atténuer le soulèvement provoqué par le gel.

La figure 6 illustre une échelle limnimétrique inclinée munie de marques métalliques entre les graduations en mètres : on peut ainsi effectuer une lecture directe du niveau de l'eau.

On utilise rarement les échelles inclinées car elles sont sensibles à l'action du gel. En outre, celles qui sont installées au raz du sol sont sujettes à l'envasement tandis que celles qui sont surélevées risquent d'être endommagées par la glace et les débris flottants.



Figure 5. Échelle limnimétrique inclinée installée sur une poutre-H



Figure 6. Échelle limnimétrique inclinée à lecture directe

4.2 LIMNIMÈTRES À FIL LESTÉ

4.2. 1 Introduction

Les limnimètres à fil lesté (L.F.L.) sont constitués d'une corde de petit diamètre ou d'un fil d'acier d'une longueur donnée qui est attaché à une bobine ou à un tambour. Un poids est accroché à l'extrémité libre du fil. Cet appareil est abrité dans un boîtier verrouillé et à l'épreuve des intempéries. Il peut être facilement installé sur un pont ou sur un autre ouvrage situé au-dessus de la surface de l'eau. Les figures 7 et 8 illustrent l'endroit où le limnimètre doit être fixé sur le garde-fou d'un pont à l'aide du support conçu à cet effet. Le poids est descendu jusqu'à la surface de l'eau lorsqu'on veut obtenir une lecture du niveau de celle-ci.



Figure 7. Limnimètre à fil lesté installé sur le garde-fou d'un pont (rivière Athabasca près de Windfall)

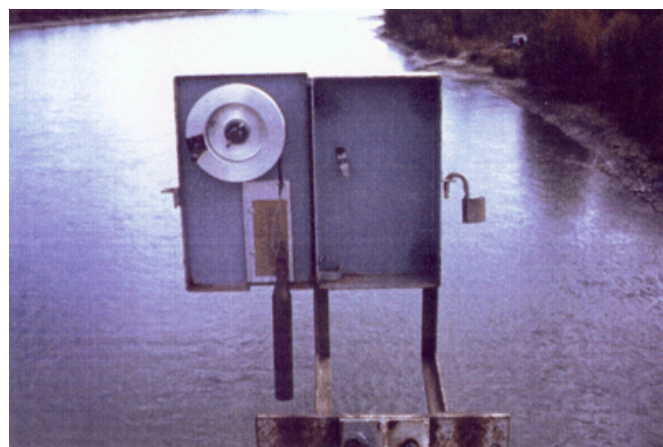


Figure 8. Limnimètre à fil lesté et support de fixation (rivière Athabasca près de Windfall)

Il doit y avoir un minimum de turbulence à l'endroit où l'on effectue la lecture du niveau de l'eau. Afin de réduire l'incidence de la tension superficielle de l'eau, le technicien doit procéder à la lecture du limnimètre dès que le poids entre en contact pour la première fois avec l'eau. Une fois le poids dans l'eau, on peut parfois remonter ce dernier de 6 mm sans que le lien avec l'eau ne se brise. Pour effectuer une lecture du niveau précise, il peut être nécessaire de faire plusieurs observations et d'en faire la moyenne. Au cours des périodes de grand vent, le fil sera entraîné par ce dernier et l'inégalité de la surface de l'eau réduira la précision des lectures.

On utilise les limnimètres à fil lesté comme échelle extérieure lorsque les conditions rencontrées à la station ne permettent pas la lecture ou l'installation permanente d'une échelle limnimétrique. Dans le cas des stations qui ne sont pas dotées d'un limnigraphe, le limnimètre à fil lesté est considéré comme étant l'échelle principale. D'ordinaire, un observateur en effectue la lecture. Les L.F.L. peuvent aussi servir d'échelle auxiliaire.

Les limnimètres à fil lesté nécessitent très peu d'entretien, à part un époussetage et parfois un graissage du tambour. Lorsque l'on se sert du limnimètre, il faut s'assurer que le fil ne s'emmêle pas.

Pour faciliter le réglage du point zéro de ce type de limnimètre sans avoir recours à une deuxième personne pour tenir la tige de nivellement, des entailles de 2 mm ont été pratiquées dans la partie inférieure du poids. Si les conditions physiques de l'emplacement permettent de voir ces entailles dans l'objectif du théodolite, on peut alors déterminer l'élévation du poids. Le fil lesté peut aussi être suspendu depuis l'extrémité d'une poutre rigide installée en porte-à-faux au-dessus de l'eau. Dans un tel cas, le boîtier du limnimètre est fixé à la base de la poutre située sur la rive. On parle alors de « limnimètre en porte-à-faux ». La [section 4.3](#) traite de ce sujet.

Le limnimètre à fil lesté est utilisé dans toutes les régions et *Relevés hydrologiques du Canada* en utilise plusieurs versions. Certains modèles peuvent être installés de façon qu'ils échappent aux regards des passants habituels. On peut ainsi réduire les risques d'actes de vandalisme. En général, les limnimètres à fil lesté sont désignés comme étant du type « à fil lesté jalonné » ou « à compteur ». Les sections suivantes contiennent de plus amples renseignements sur ces deux types d'appareils.

4.2.2 Limnimètre à fil lesté jalonné

Il existe plusieurs versions de limnimètres à fil lesté jalonné. Cependant, leur principe de fonctionnement général est semblable. Ces limnimètres sont dotés d'un fil marqué à l'aide de jalons numérotés qui sont disposés aux intervalles que nécessite la variation potentielle du niveau de l'eau. En outre, chaque appareil est muni d'une règle graduée en laiton dont la longueur correspond à l'intervalle entre les jalons. Lorsque le poids qui est fixé à l'extrémité du fil est descendu vers la surface de l'eau, le fil jalonné passe le long de la règle graduée. Le numéro que porte le jalon correspond aux unités tandis que les graduations de la règle indiquent les fractions de mètre. Les graduations du fil sont de l'ordre de 0,100 m tandis que celles de la règle en laiton correspondent à 0,001 ou 0,002 m.

L'une des versions du limnimètre à fil lesté jalonné (figure 9) est munie d'une règle graduée qui s'installe en dessous de la bobine d'enroulement. Une autre version possède une règle graduée qui est fixée le long du tambour d'enroulement (figure 10). La figure 11 présente un limnimètre à fil lesté jalonné destiné à être installé horizontalement. Pour placer ce type d'appareil au point zéro, le technicien doit régler le poids suspendu au fil au centimètre près. Il peut par la suite placer la règle graduée pour procéder au réglage final.

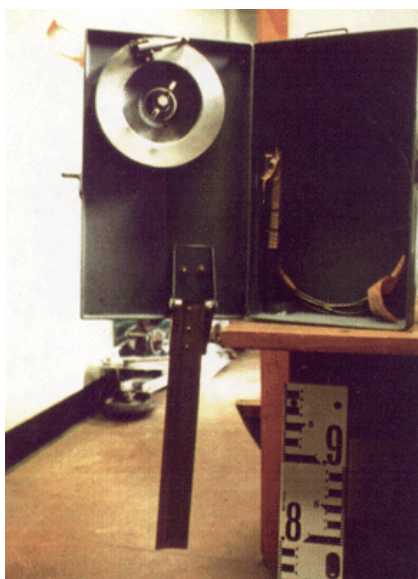


Figure 9. Limnimètre à fil lesté muni d'une règle extérieure

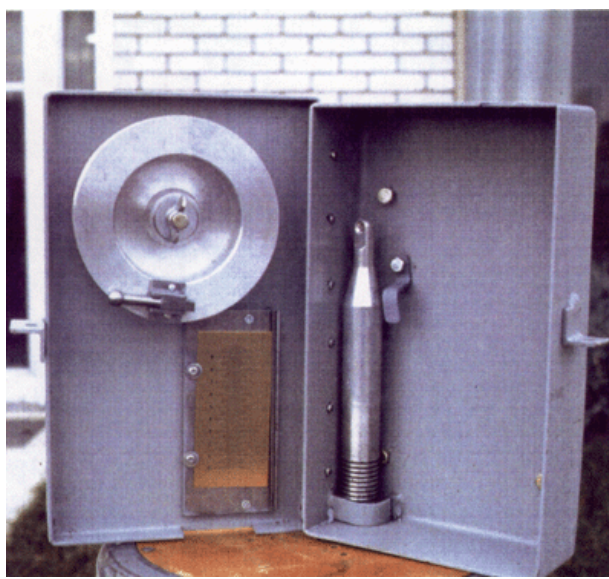


Figure 10. Limnimètre à fil lesté muni d'une règle graduée en décimètres

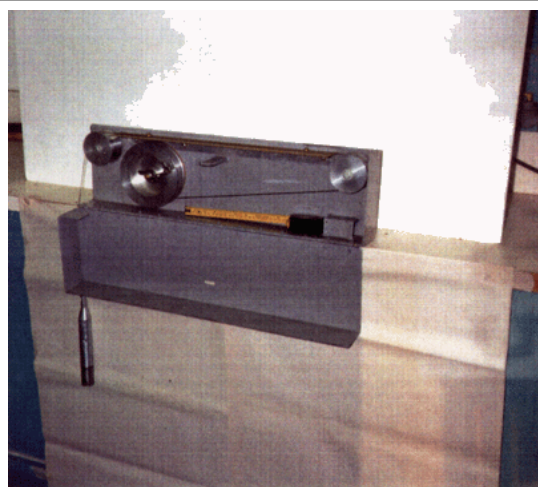


Figure 11. Limnimètre à fil lesté installé horizontalement

Les limnimètres à fil lesté jalonné énumérés ci-devant sont conçus pour fonctionner en tout temps de l'année. Ils sont construits de façon robuste et simple car ils comportent très peu de pièces mobiles et il est rare que l'on doive régler ou réparer ce type de limnimètres.

4.2.3 Limnimètre à fil lesté et à compteur

Les limnimètres à fil lesté et à compteur comportent un tambour de précision sur lequel s'enroule une seule épaisseur de fil. Comme pour les autres limnimètres à fil lesté, un poids est attaché à l'extrémité libre du fil. Lorsque le tambour effectue un tour complet, le poids s'élève ou s'abaisse de 0,3 m. Un compte-tours, relié au tambour, donne la longueur de fil en mètres et en centimètres (voir la figure 12), tandis qu'on peut lire les millimètres et les centimètres sur le flasque du tambour adjacent au compteur.

Certains limnimètres à fil lesté et à compteur sont munis d'un repère. Il faut vérifier la lecture de ce repère à chaque visite pour s'assurer que l'appareil n'est pas dérégulé. Si on constate un changement, c'est probablement parce qu'il s'est produit un glissement entre le tambour et le compteur.

Pour régler ce type de limnigraphe à la cote zéro, il faut placer le compteur à la graduation en centimètres la plus près. Réglez ensuite l'échelle en millimètres et en centimètres qui est située sur le flasque du tambour adjacent au comptoir. La graduation en centimètres du compteur ne peut être réglée de façon précise à moins que l'élévation réelle soit un multiple de 10 mm. Ainsi, pour une élévation égale 9,750 m, on devra régler le compteur à la position « 975 » et le tambour à la position « 50 ». Si par contre l'élévation est de 9,755 m, il faudra lire « 97 » sur le compteur et on devra régler la graduation en centimètres à mi-chemin entre « 5 » et « 6 ». Par la suite, on placera le tambour à la position « 55 ». Cette version du limnimètre à fil lesté n'est pas aussi fiable que la version à fil jalonné car elle comporte un compteur et un plus grand nombre de pièces mobiles.

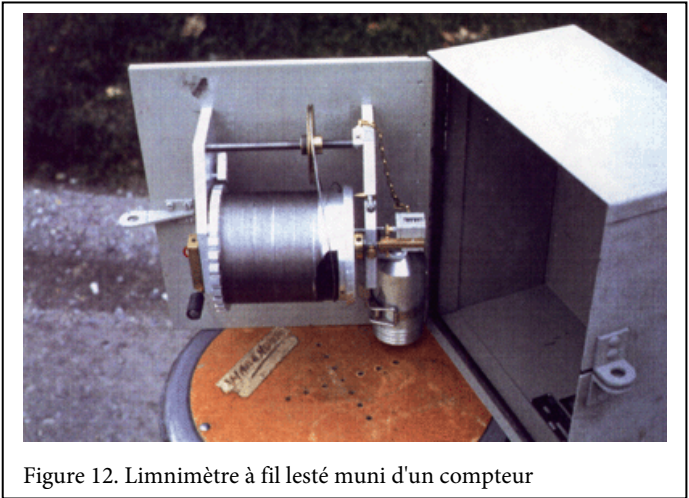


Figure 12. Limnimètre à fil lesté muni d'un compteur

4.3 LIMNIMÈTRE EN PORTE-À-FAUX

Les limnimètres en porte-à-faux sont constitués d'un bras horizontal qui surplombe la surface de l'eau. D'ordinaire, le bras est placé de sorte que son extrémité est exactement au-dessus de la prise d'eau (ou de pression) du limnigraphe. Un limnimètre à fil lesté est fixé à l'extrémité du bras qui est ancré au sol : le fil s'étend jusqu'à l'autre extrémité du bras qui est en surplomb et d'où descend le poids (figures 13 et 14). Il est à noter que le niveau de ce type d'appareil ne peut être réglé qu'avec le dispositif d'attache du poids.

Les limnimètres en porte-à-faux sont utilisés aux stations où l'on rencontre des rives escarpées, hautes ou verticales. Seule l'acuité visuelle de l'observateur constitue une limite à l'utilisation de ce type de limnimètre car il est important de voir le point de contact entre le poids et la surface de l'eau.

4.4 LIMNIMÈTRE À FLÈCHE

Bien qu'il soit construit différemment, limnimètre à flèche ressemble, sur le plan fonctionnement, au limnimètre en porte-à-faux. En général, il est supporté à (ou vers) l'extrémité de la flèche par un ou plusieurs câbles (figures 15, 16 et 17).

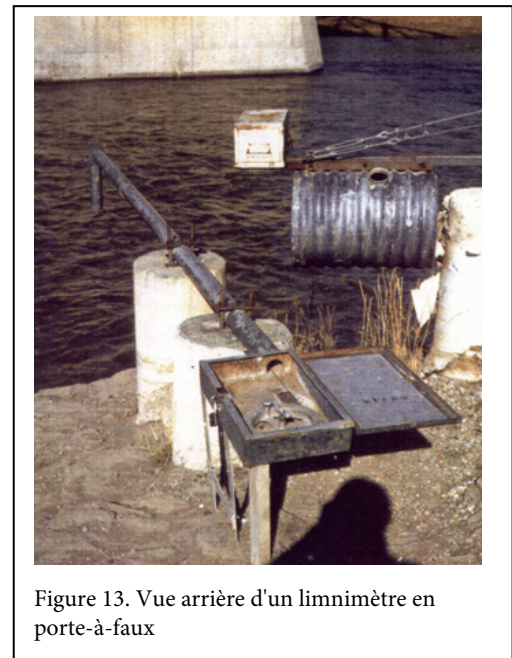


Figure 13. Vue arrière d'un limnimètre en porte-à-faux

La flèche doit présenter un angle d'élévation de 15 à 20 degrés pour assurer un dégagement supplémentaire au-dessus de la surface de l'eau et pour faciliter la mise au niveau. Le joint d'articulation verticale de la flèche en porte-à-faux ne doit en aucun cas être emprisonné dans les épaisses couches de neige. Le technicien peut aisément corriger la hauteur de celle-ci en réglant le limnimètre à fil lesté ou le tendeur qui est situé à l'arrière de l'installation. En desserrant les glissières latérales, on peut ramener la flèche vers la rive afin de procéder à l'entretien du limnimètre.



Figure 14. Limnimètre en porte-à-faux fixe installé horizontalement



Figure 15. Vue arrière d'un limnimètre à flèche



Figure 16. Vue latérale d'un limnimètre à flèche



Figure 17. Dispositif de fixation d'un limnimètre à fil lesté installé sur une flèche

4.5 LIMNIMÈTRE À CHAÎNE

Le limnimètre à chaîne s'apparente au limnimètre en porte-à-faux : cependant, une chaîne jalonnée par des noeuds remplace le limnimètre à fil lesté. Une règle est fixée sur le dessus de la flèche en porte-à-faux, ce qui permet au technicien de mesurer la hauteur d'eau exprimée sur la chaîne jalonnée. Étant donné que ce type de chaîne tend à s'étirer et à subir une détérioration générale, le limnimètre en question ne doit être utilisé que de façon temporaire ou en cas d'urgence. Il est à noter qu'il peut être installé sur des arbres (figure 18) ou sur un poteau planté dans le sol.



Figure 18: Chain gauge

4.6 SONDE LIMNIMÉTRIQUE ÉLECTRIQUE

La sonde limnimétrique électrique permet d'effectuer la lecture des niveaux d'eau dans un puits de mesure trop étroit ou trop profond pour qu'un technicien en hydrométrie puisse y descendre et effectuer en toute sécurité la lecture de l'échelle limnimétrique. Cet appareil est constitué d'un ruban en acier inoxydable, gradué en millimètres. Il comprend en outre un lest cylindrique, un tambour d'enroulement pour le ruban, une source d'alimentation électrique (habituellement une pile) et un dispositif indiquant la fermeture du circuit (habituellement un voltmètre). Tous les éléments sont montés sur un support isolé. L'extrémité inférieure du lest est de forme concave, ce qui réduit sa surface de contact. On évite ainsi les erreurs d'observation provoquées par des gouttelettes restées sur le bas du lest. Il faut inspecter la sonde électrique fréquemment afin de s'assurer que toutes les parties du circuit électrique ainsi que l'extrémité inférieure du lest ne présentent pas de traces de corrosion. Il est à noter que la pile doit être remplacée à tous les ans.

Pour déterminer le niveau de l'eau, on descend le lest jusqu'à ce qu'il touche à la surface de l'eau : le circuit électrique est alors fermé, ce qui provoque le déplacement de l'aiguille du voltmètre. En maintenant le lest à cette position, on fait la lecture du ruban vis-à-vis de la flèche indicatrice se trouvant sur le support du tambour. On doit faire plusieurs lectures en abaissant à chaque fois le lest jusqu'à la surface de l'eau afin d'éviter les erreurs imputables à la tension superficielle.

Relevés hydrologiques du Canada utilise plusieurs modèles de sondes limnimétriques électriques. Dans le cas de la sonde, la lecture doit être faite au centre du curseur. Dans le cas des sondes dotées d'une tige pleine, il faut couper cette dernière avec une pince coupante et en effiler l'extrémité avec une petite lime. On enlève ensuite la partie gauche de la tige pour avoir accès au ruban. Pour régler une sonde limnimétrique électrique à la cote du zéro de l'échelle, on glisse le ruban à l'intérieur du lest ou on l'en ressort, et on déplace la flèche indicatrice vers le haut ou vers le bas. La sonde limnimétrique électrique de l'U.S.G.S. (figure 19) est dotée, sur son socle, d'une ligne ou d'un point à la hauteur duquel on effectue la lecture. La figure 20 présente un autre modèle de sonde limnimétrique, plus ancien cependant.

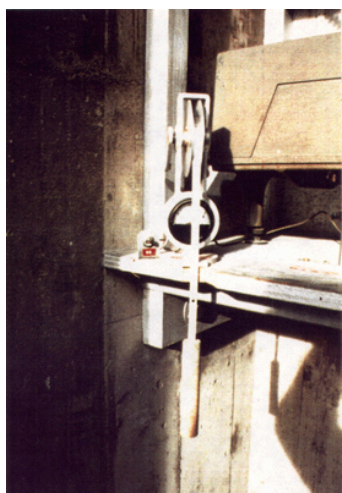


Figure 19. Sonde limnimétrique électrique de l'U.S.G.S

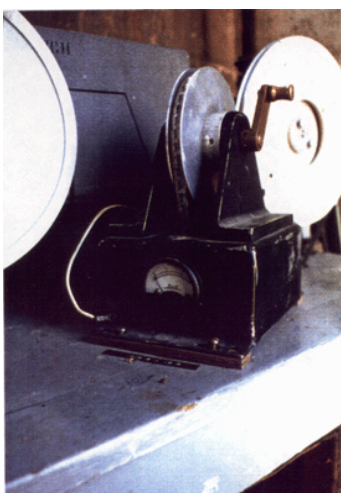


Figure 20. Sonde limnimétrique électrique

4.7 LIMNIMÈTRE À FLOTTEUR

Le limnimètre à flotteur est utilisé à titre d'échelle intérieure quand on procède au réglage d'un limnigraphe. Il est constitué d'un flotteur, d'une poulie installée sur un support et d'un contrepoids. Un ruban gradué et une flèche indicatrice permettent la lecture du niveau de l'eau. Si on ne peut régler entièrement l'appareil à l'aide du dispositif de réglage de la flèche, on peut allonger ou raccourcir le ruban à l'endroit où il est attaché au flotteur.

Afin de s'assurer de la précision voulue, on doit utiliser un flotteur aussi gros que celui du limnigraphe. Il doit cependant pouvoir se déplacer librement sur toute la gamme des niveaux possibles. La flèche indicatrice ne doit être réglée qu'au moment des vérifications de niveaux pour assurer l'uniformité de la cote du zéro de l'échelle. D'ordinaire, l'utilisation du ruban gradué et de la flèche indicatrice installés sur un limnigraphe à flotteur à titre d'échelle intérieure ne constituent pas une source indépendante fiable pour vérifier le fonctionnement du limnigraphe.

On doit faire en sorte d'éliminer les erreurs de parallaxe lorsqu'on fait la lecture d'un limnimètre à flotteur. Si le niveau d'eau dans le puits varie constamment, il faut faire la moyenne de plusieurs observations. On doit aussi procéder à l'examen périodique du flotteur pour s'assurer qu'il flotte adéquatement et qu'il n'est pas corrodé. Le nettoyage et le graissage de l'arbre de la poulie du flotteur doivent aussi être effectués au besoin.

4.8 POINTE LIMNIMÉTRIQUE RECOURBÉE

Les pointes limnimétriques recourbées sont des appareils de mesure du niveau de l'eau d'une grande précision. On les utilise surtout aux stations de jaugeage munies de déversoirs ou de canaux de mesure du débit. Bien qu'ils soient très précis, ces appareils présentent d'ordinaire une gamme de mesure d'au plus 1 mètre.

Les pointes limnimétriques recourbées sont constituées d'un crochet dont la pointe émerge à la surface de l'eau. Le bout est effilé (angle aigu d'environ 60°) et arrondi (rayon d'environ 0,25 mm). On détermine la position de la pointe à l'aide d'une échelle graduée. En outre, on peut se servir d'un vernier pour en effectuer un réglage des plus précis.

On fait la lecture du niveau de l'eau en relevant la pointe limnimétrique recourbée jusqu'à ce que l'extrémité de celle-ci émerge à la surface de l'eau : il faut **alors** lire l'échelle. La surface de l'eau ne doit pas présenter de turbulences et de variations du niveau vis-à-vis du point d'observation, sinon la lecture de la pointe limnimétrique

sera impossible. En outre, la surface de l'eau doit être bien éclairée au moment où l'on effectue une observation pour permettre une mise en position précise de la pointe recourbée.

La pointe limnimétrique doit être gardée propre, de sorte que les parties mobiles ne se coincent pas. En outre, il est nécessaire de procéder fréquemment à des vérifications de niveaux pour vous assurer de l'uniformité de la cote du zéro de l'échelle.

5.0 AUTRES MOYENS DE MESURER LE NIVEAU DE L'EAU

5.1 MARQUES REPÈRE ET POINTS DE REPÈRE

Une marque repère ou un point de repère sont des points stables et accessibles situés sur un pont, une pile, une culée ou un puits de mesure, à partir desquels on peut mesurer, à l'aide d'un ruban de mesure lesté, la distance qui le sépare de la surface de l'eau. On peut établir une marque repère lorsqu'un limnimètre classique a été détruit ou irrémédiablement endommagé.

Bien sûr, le point de mesure à la surface de l'eau situé sous la marque repère doit être calme, sans perturbations locales. On doit lire la distance entre la marque repère et la surface de l'eau quand le lest touche à cette dernière afin d'éliminer les phénomènes liés à la tension superficielle.

Vérifiez à l'occasion le ruban lesté pour vous assurer que le point zéro de celui-ci est égal à l'extrémité inférieure du lest dans lequel il est encastré. Ne vous servez pas d'un tel ruban par temps venteux car il décrira un « demi-cercle » sous l'action du vent, produisant ainsi une mesure imprécise.

5.2 ÉCHELLE À MAXIMUMS

On utilise une échelle à maximums pour déterminer le niveau maximal atteint entre les visites à la station. Il y a deux types principaux d'échelles à maximums :

- l'un constitué d'un tube en acier contenant de la poussière de liège,
 - l'autre comprenant un tube de plastique dans lequel se déplace un flotteur en « éthafoam ».
- I. Le premier type se compose d'un tube en acier galvanisé d'un diamètre de 50 mm dont les deux extrémités sont bouchées. Le bouchon inférieur est percé de plusieurs trous afin de laisser passer l'eau tout en réduisant au minimum l'incidence des variations du niveau de l'eau. Un trou d'aération est ménagé dans le bouchon supérieur. Une baguette, à laquelle on a attaché à son extrémité inférieure un petit contenant pour la poudre de liège, est placée à l'intérieur du tube de telle sorte qu'elle ne puisse flotter. Au fur et à mesure que le niveau d'eau monte dans le tube, la poussière de liège s'échappe du contenant et adhère à la baguette vis-à-vis de la hauteur d'eau atteinte. Une fois assemblée, l'échelle à maximums est fixée solidement à un pont ou à une jetée puis étalonnée selon la cote du zéro de l'échelle. On peut installer ce type d'échelle sur toute surface verticale telle qu'un mur en aile ou la pile d'un pont. Il suffit de mesurer la distance entre l'anneau de poussière de liège et l'extrémité supérieure ou inférieure de la baguette pour connaître la hauteur maximale atteinte par l'eau. Par la suite, on n'a qu'à nettoyer la baguette, remplir le contenant de poussière de liège et remettre la baguette à l'intérieur du tube.
- II. Le second type est constitué d'un tube en plexiglas qui est attaché parallèlement à une échelle limnimétrique sur un support. À l'intérieur du tube, on place un flotteur cylindrique en « éthafoam ». Les deux extrémités du tube sont perforées afin de permettre le passage de l'eau et de l'air. Lorsque le niveau d'eau s'élève dans le tube, le flotteur s'élève aussi. Le flotteur adhère au tube à la hauteur du niveau d'eau maximum et reste en place lorsqu'il y a décrue. On a remarqué que lorsqu'il est soumis à des vibrations ou lorsque le degré d'humidité est bas, le flotteur ne restera pas toujours collé au tube. On détermine le niveau d'eau atteint en observant le flotteur et en comparant sa hauteur sur l'échelle adjacente ou en effectuant un nivellement géodésique à partir d'un repère de nivellement. En enlevant le bouchon supérieur et en faisant descendre une corde lestée dans le tube, on ramène le flotteur au niveau d'eau actuel, prêt pour la prochaine crue. Il est nécessaire de procéder à des vérifications de niveaux fréquentes

lorsqu'on utilise tout genre de limnimètre : on s'assure ainsi de leur stabilité et on peut apporter les mesures correctives appropriées.

6.0 OBSERVATEURS DE LIMNIMÈTRES

Lorsque les stations ne sont pas dotées d'un limnigraphe, on embauche des **observateurs locaux** pour effectuer la collecte des données limnimétriques. **La fonction d'un observateur** consiste à lire le niveau d'eau indiqué par un limnimètre, puis à envoyer par la poste les données relevées à un bureau de *Relevés hydrologiques du Canada*. Les données en question sont d'une très grande importance car, sans elles, le relevé annuel de la station de jaugeage ne serait constitué que de quelques mesures éparses prises par le technicien en hydrométrie.

Le temps consacré à la formation des observateurs afin qu'ils puissent lire les limnimètres avec précision se révèle un investissement valable. En outre, si le technicien rend visite régulièrement à l'observateur et s'il insiste sur l'importance du travail de ce dernier, on obtiendra des données plus précises. On doit conseiller à l'observateur de lire la partie « Instructions aux observateurs de limnimètres » du carnet d'observations limnimétriques et de suivre fidèlement les directives qu'elle contient. En outre, on doit l'aviser de ne pas inscrire de données approximatives si, un certain jour, il leur est impossible d'effectuer la lecture du limnimètre.

Dans les régions où les observateurs ne peuvent pas utiliser le **carnet d'observations limnimétriques**, on peut leur fournir un schéma grandeur nature de l'échelle limnimétrique sur laquelle ils n'auront qu'à tracer une ligne à l'endroit correspondant au niveau de l'eau. Demandez à l'observateur de dater ou de numéroter les lignes de façon que le technicien en hydrométrie puisse déterminer correctement les lectures limnimétriques journalières. Indiquez à l'observateur d'autres méthodes pour mesurer le niveau de l'eau advenant la destruction du limnimètre. Il peut s'agir de lui enseigner comment utiliser les points de repère, les marques repère ou les piquets plantés au bord de l'eau. Lorsque vous embauchez un observateur, vous devez utiliser un contrat et y inscrire tous les renseignements pertinents.

7.0 RÉSUMÉ

Le technicien doit, après avoir suivi le présent cours et participé à quelques sessions de formation pratique, être en mesure de déterminer quel type de limnimètre convient le mieux à une station de jaugeage donnée. Peu importe le type de limnimètre utilisé, le technicien considérera toujours plus avantageux d'utiliser de tels appareils que d'exécuter un circuit de nivellement à chaque visite, tout particulièrement lorsqu'il est seul.

Les limnimètres constituent l'un des principaux appareils utilisés pour la collecte des données limnimétriques. Si on les compare au reste de l'équipement employé par *Relevés hydrologiques du Canada*, on constate que leur coût d'achat est très bas et qu'ils ont une durée de vie indéterminée. La plupart des limnimètres, s'ils sont installés correctement, sont des appareils très fiables et extrêmement faciles à lire. En outre, on peut installer un limnimètre (que ce soit un limnimètre à fil lesté, un limnimètre en porte-à-faux, une échelle limnimétrique inclinée, ou tout autre type de limnimètre), peu importe les conditions rencontrées à la station de jaugeage. Comme dans le cas de tout matériel installé à l'extérieur, les limnimètres sont parfois la cible des vandales, mais il s'agit généralement d'un problème mineur.

8.0 MANUELS ET OUVRAGE DE RÉFÉRENCE

8.1 MANUELS PRATIQUES

- Environnement Canada, (1982) Manuel pratique de levés hydrométriques : Mesure de niveaux, Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 52 pages.
- Environnement Canada, (1987), Guide d'inspection des stations de jaugeage, Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 20 pages.

8.2 OUVRAGE DE RÉFÉRENCE

- Rantz, S.E., et coll., (1982), Measurement and Computation of Streamflow, Volume 1, Measurement of Stage and Discharge, USGS Water Supply Paper 2175, Washington, D.C., 284 pages.



Environment
Canada

Environnement
Canada

RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

Cours n° 5 — Matériel de mesure de niveau de l'eau - limnimètres

F. Slabosz
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
854 200-4e Avenue, S.E.
Calgary (Alberta)
Canada T2G 4X3

Droits d'auteur © 1999. Tous droits réservés.

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	BUT ET CONTEXTE	1
2.0	OBJECTIFS	2
3.0	INTRODUCTION	3
4.0	ABRIS D'INSTRUMENTATION	4
4.1	TYPES D'ABRI	4
4.1.1	<i>Abri-chambre</i>	4
4.1.2	<i>Abri d'observation</i>	4
4.1.3	<i>Abri habitable</i>	5
5.0	PUITS DE MESURAGE	6
5.1	TYPES DE PUIITS	6
5.1.1	<i>Installation simple</i>	6
5.1.2	<i>Installation complexe</i>	6
5.2	PRISES D'EAU.....	6
6.0	CAPTEURS.....	8
6.1	CAPTEURS À FLOTTEUR.....	8
6.1.1	<i>Stylet enregistreur</i>	8
6.1.2	<i>Codeur de position angulaire</i>	8
6.1.3	<i>Générateur d'impulsions</i>	8
6.2	CAPTEURS SOUS PRESSION	8
6.2.1	<i>Capteurs submersibles</i>	9
6.2.2	<i>Capteurs non submersibles</i>	9
7.0	LIMNIMÈTRES.....	10
7.1	LIMNIMÈTRES ANALOGIQUES.....	10
7.2	ENREGISTREURS NUMÉRIQUES.....	10
8.0	INTERFACE DE CAPTEURS	11
8.1	INTERFACE MÉCANIQUE	11
8.1.1	<i>Câble ou bande attaché à un flotteur</i>	11
8.1.2	<i>Moteur électrique avec chaîne et pignon</i>	11
8.2	SDI-12	11
9.0	TRANSFERT DES DONNÉES.....	12
9.1	DIAGRAMMES RECTANGULAIRES.....	12
9.2	TÉLÉPHONE – LIGNE TERRESTRE/TÉLÉPHONE CELLULAIRE/MSAT	12
9.3	SATELLITE	12
9.4	TÉLÉCHARGEMENT DIRECT	13

1.0 BUT ET CONTEXTE

Cette leçon fait partie d'une trousse de formation essentielle dans le cadre des cours de base du *Programme de perfectionnement*. Les nouveaux techniciens doivent apprendre la matière au début de leur carrière. Cette leçon contient des renseignements généraux utiles pour les prochaines leçons de la série *Mesure du niveau d'eau*. Les techniciens doivent connaître les principales stations de jaugeage exploitées par la *Division des relevés hydrographiques du Canada* avant d'apprendre la marche à suivre pour recueillir des données sur place ou les techniques de traitement des données. Des détails sont donnés dans les autres leçons.

La *Division des relevés hydrographiques du Canada* est chargée de recueillir et d'évaluer des données sur les eaux intérieures du pays, afin de permettre au Canada de gérer et de mettre en valeur ses richesses hydrauliques nationales en fonction des besoins de la population.

Afin d'obtenir des données exactes, la *Division des relevés hydrographiques du Canada* se sert de matériel assurant l'enregistrement de données sur le niveau d'eau sans interruption aux stations de jaugeage. Divers systèmes produisent des enregistrements de qualité pendant des périodes prolongées. La présente leçon donne un aperçu de leurs divers éléments. Les autres leçons donnent des détails sur le fonctionnement, l'installation et l'entretien des systèmes.

2.0 OBJECTIFS

Cette leçon a pour objectif de donner au nouveau technicien un aperçu des systèmes d'enregistrement utilisés par la *Division des relevés hydrographiques du Canada*, en particulier de ceux qui servent à mesurer le niveau d'eau.

À la fin de cette leçon, le technicien sera en mesure de comprendre :

1. à quoi servent les abris de jaugeage,
2. à quoi servent les capteurs,
3. à quoi servent les enregistreurs de données,
4. à quoi servent les émetteurs, et
5. comment fonctionnent les systèmes à flotteur et sous pression.

3.0 INTRODUCTION

Une station de jaugeage est un endroit où l'on enregistre systématiquement le niveau d'eau. On installe souvent des indicateurs de niveau d'eau (limnimètres) aux endroits où l'on veut effectuer des enregistrements sans interruption, et qui sont idéalement munis d'un enregistreur automatique. **Les systèmes d'enregistrement se composent de deux principaux éléments : 1. un capteur, qui détecte le niveau de l'eau, et 2. des instruments, qui enregistrent le niveau d'eau. Voici les deux principaux composants des installations de jaugeage : 1. le puits de mesurage, muni d'un capteur à flotteur, et 2. les systèmes sous pression.**

Depuis 1908, le gouvernement fédéral assure l'acquisition de données sur le niveau d'eau. Les données ont été recueillies tout d'abord au moyen d'échelles limnimétriques manuelles, puis à l'aide d'enregistreurs graphiques automatiques raccordés à des assemblages à flotteur et à des manomètres et, depuis le milieu des années 80, grâce à des microprocesseurs et à des composants électroniques fiables. Cette évolution a mené à la fabrication d'enregistreurs et de capteurs de données à usage industriel, qui ont été adaptés à la collecte de données environnementales dans un format numérique prêt à lire. Les instruments comprennent des enregistreurs de données, des détecteurs de niveau d'eau, des interfaces et des dispositifs de communication qui, correctement assemblés et programmés, permettent d'obtenir des données précises sur le niveau d'eau.

4.0 ABRIS D'INSTRUMENTATION

Un abri adéquat est une caractéristique importante de tout site de collecte des données. **On en distingue généralement trois types : l'abri-chambre, l'abri d'observation et l'abri habitable.** L'abri sert à protéger les instruments et le puits de mesurage contre les intempéries et d'autres sources de dommage. Il est construit en métal, en bois, en béton ou en plastique renforcé. À certains endroits, il faut employer des éléments spéciaux de conception et des matériaux particuliers de construction pour intégrer l'abri au milieu ambiant.

L'abri verrouillé porte à l'extérieur, à l'entrée, une indication précisant la nature de la structure, son but et son rôle dans le programme national de la *Division des relevés hydrographiques du Canada*. Lorsqu'un abri est aménagé au-dessus du sol, il doit être muni de passerelles ou d'escaliers sécuritaires menant à l'entrée. Dans des circonstances extrêmes, il doit être muni d'un revêtement d'acier ou lourd en bois, ou encore être entouré d'une clôture, comme mesure de protection additionnelle contre les vandales ou les animaux errants.

Il est souhaitable d'isoler l'abri pour régler la chaleur et enrayer la condensation; il est préférable d'employer un isolant non absorbant sans formaldéhyde. En outre, une bonne isolation empêche les insectes gênants d'entrer dans l'abri.

Dans la mesure du possible, il vaut la peine de penser à chauffer l'abri pendant l'hiver. Le choix de la source de chauffage dépend de sa disponibilité, de sa fiabilité et de son coût. La méthode de chauffage dépend aussi de l'emplacement : une méthode efficace à un endroit peut ne pas convenir du tout ailleurs. Le fait de chauffer l'abri permet d'améliorer le rendement des instruments.

4.1 TYPES D'ABRI

4.1.1 Abri-chambre

L'abri-chambre est posé solidement au-dessus d'un puits de mesurage (voir le [chapitre 5.0](#), intitulé « Puits de mesurage ») de sorte que le plancher recouvre le puits en toute sécurité. L'abri doit pouvoir résister aux perturbations causées par les intempéries, les vandales ou les animaux, et également être étanche. À l'intérieur, on trouve un banc solide, mis à niveau, pour poser les instruments, à environ 1,0 mètre au-dessus du puits. Le fait de placer le banc à cet endroit facilite l'accès au puits. Une trappe pratiquée dans le plancher donne accès, en toute sécurité, à l'échelle posée dans le puits. Il est important de prévoir une ventilation adéquate.

4.1.2 Abri d'observation

L'abri d'observation s'installe au-dessus d'un puits de faible diamètre et n'est assez grand que pour contenir le matériel et y glisser la main et/ou la tête au cours du travail. Il mesure en moyenne 0,8 m sur 0,8 m sur 0,6 m de hauteur et est doté d'un couvercle et d'une entrée à charnières pour permettre l'inspection. Le couvercle est incliné pour laisser s'écouler la pluie et la neige; lorsqu'on le soulève pour entrer, il protège encore les instruments. Le technicien doit veiller à ce que le couvercle soit bien fixé avant d'assurer l'entretien du limnimètre, afin d'éviter toute blessure.

Ce type d'abri se présente dans toutes les tailles et sous toutes les formes. Il assure une bonne protection à l'ouverture du puits et aux instruments. La base, fixée au puits de manière à être alignée avec le dessus, est munie d'une section amovible qui permet au technicien de jeter un coup d'œil dans le puits. Les instruments sont posés sur la base, et le couvercle est fixé au moyen de charnières pour y donner accès. Comme il y a souvent de la circulation à proximité de ce type d'abri, il pourrait être nécessaire de prendre des précautions additionnelles pour y maintenir l'accès et empêcher des dommages.

On peut également se servir de l'abri d'observation pour loger du matériel sous pression. Dans de tels cas, lorsqu'il n'y a pas de puits, l'abri est souvent monté sur des fondations sur pieux. Comme l'espace est restreint, de petits cylindres d'azote peuvent remplacer le cylindre standard.

4.1.3 Abri habitable

C'est un abri d'assez grandes dimensions que l'on construit dans les régions éloignées. On y trouve plus d'espace que dans les autres abris et, dans certains cas, des provisions et des installations dans l'éventualité où le technicien doive y rester d'urgence pour la nuit. Selon l'endroit où il se trouve, ses dimensions, son aménagement et son contenu peuvent varier. La nécessité de construire un tel abri dépend de l'emplacement et des conditions météorologiques locales.

Des renseignements complets sur les abris se trouvent dans la leçon 5.1 du *Programme de perfectionnement*, intitulée « Mesure du niveau d'eau – limnimètres (capteurs à flotteur) ».

5.0 PUIITS DE MESURAGE

Un puits de mesurage est une enceinte verticale qui ne permet qu'un accès limité au plan d'eau extérieur. Il sert à amortir la fluctuation rapide du niveau d'eau et à protéger les composants du capteur à flotteur. Il doit être placé à la verticale et fixé adéquatement pour éliminer les mouvements verticaux et horizontaux.

Le puits de mesurage est habituellement situé à quelques mètres de la rive, sur la terre ferme, et mis en contact avec le plan d'eau au moyen de tuyaux. Il peut aussi se trouver directement dans le plan d'eau et fixé à un quai, à un pilier de pont, à une butée ou à une digue. Le fonds doit se trouver à au moins 0,3 mètre au-dessous du niveau d'eau minimal prévu, et le haut doit se situer au-dessus du niveau d'eau maximal prévu. Le puits doit être muni d'évents recouverts d'une toile métallique, près du haut, pour permettre à l'humidité de s'échapper.

Les conditions ambiantes déterminent l'emplacement du puits et ses matériaux de construction. Le puits doit être conçu de manière à résister aux conditions matérielles et climatiques locales et à permettre un débit d'eau constant.

Des renseignements complets sur les prises d'eau et les puits de mesurage sont donnés dans la leçon n° 5.1 du *Programme de perfectionnement*, intitulée « Mesure du niveau d'eau – limnimètres (capteurs à flotteur) ».

5.1 TYPES DE PUIITS

Le type de puits dépend des conditions ambiantes et du matériel à installer. Les dimensions, la forme et les matériaux de construction peuvent varier, mais le puits doit être assez grand pour permettre le déplacement libre, sans obstacle, de tout le matériel. Une porte étanche, située près du fond, permet l'accès en cas de baisse du niveau d'eau pour le retrait des dépôts de limon.

5.1.1 Installation simple

Une installation simple, conçue en fonction d'un abri d'observation, consiste en un tuyau en métal ou en plastique d'un diamètre de 0,5 m, assez long, fixé solidement à une structure robuste comme un pilier de pont. Le bas du tuyau est imperméabilisé. Des trous sont percés dans la paroi du tuyau aux endroits appropriés pour assurer un équilibre constant entre le niveau d'eau à l'intérieur du tuyau et le niveau d'eau à l'extérieur.

5.1.2 Installation complexe

Un puits de mesurage situé sur la rive d'un cours d'eau est plus complexe. Il est habituellement construit en béton, en tuyaux de métal ou en douves de bois. Des tuyaux assurent le transfert de l'eau entre le puits et le plan d'eau. Le sol est remblayé autour de la paroi extérieure du revêtement du puits. Les tuyaux de prise d'eau sont enterrés, seule la partie située dans le plan d'eau étant exposée. Le puits doit être assez grand pour permettre au technicien d'y entrer, d'assurer l'entretien des tuyaux de transport de l'eau et de retirer les dépôts de limon au fond du puits.

5.2 PRISES D'EAU

L'eau est amenée dans le puits et ramenée dans le plan d'eau au moyen de prises d'eau. D'après le type de puits, les prises d'eau peuvent être une série de trous percés dans la paroi du puits, un seul trou situé au fond du puits ou des tuyaux de raccordement.

Les prises d'eau doivent être d'un diamètre assez gros pour maintenir l'eau à l'intérieur du puits au même niveau qu'à l'extérieur; en même temps, elles doivent assurer un étranglement adéquat pour éviter les oscillations non désirées. Pour éviter toute obturation par les dépôts de limon, des prises d'eau devraient se trouver à au moins

0,2 mètre au-dessous du niveau d'eau le plus bas prévu et à au moins 0,15 mètre au-dessus du fond du puits.

Les tuyaux de prise d'eau devraient être posés à l'horizontale et être de niveau, au-dessous de la limite de gel. Les extrémités dégagées des tuyaux devraient pénétrer dans le plan d'eau jusqu'à un point exempt de tout obstacle. On installe normalement au moins deux prises d'eau à différentes hauteurs à l'intérieur de la gamme de variation du niveau d'eau. Lorsque le niveau d'eau est élevé, des dépôts de limon risquent d'obstruer la prise d'eau inférieure, ce qui n'empêcherait cependant pas les prises d'eau situées plus haut de fonctionner. La hauteur des prises d'eau est inscrite dans le journal de bord du site et sur le formulaire de description de la station.

Toutes les prises d'eau sont munies d'un système de rinçage des dépôts de limon et d'autres obstructions. Des robinets sont prévus pour empêcher le passage de l'eau vers le puits. Lorsque le robinet menant au puits est fermé, l'eau peut être dirigée vers le plan d'eau par la prise d'eau, rinçant du même coup les dépôts. Les prises d'eau doivent permettre, sans retard significatif, le passage de l'eau en direction et en provenance du puits selon les variations du niveau d'eau.

6.0 CAPTEURS

Les capteurs de données sont des dispositifs qui permettent de recueillir des données sur le niveau d'eau, données qui sont ensuite transmises à un appareil d'enregistrement. **On se sert de deux types de capteurs : les capteurs à flotteur, et les transducteurs de pression.**

6.1 CAPTEURS À FLOTTEUR

Ce sont des capteurs munis d'un flotteur (attaché à un assemblage de flotteur) qui, lorsque le niveau d'eau du puits de mesurage monte ou descend, bouge en conséquence. L'assemblage de flotteur se compose d'un câble (ou d'un ruban) et d'un contrepoids en plomb monté sur une poulie. La poulie est rattachée au stylet enregistreur d'un limnimètre analogique, à l'arbre d'un codeur de position angulaire ou à un générateur d'impulsions.

6.1.1 Stylet enregistreur

Un flotteur en contact avec la surface de l'eau active un stylet enregistreur, qui reproduit le mouvement vertical du flotteur sur un diagramme rectangulaire.

6.1.2 Codeur de position angulaire

C'est un dispositif de codage incrémental optique doté d'une DÉL (diode électroluminescente) source à lentille, de détecteurs intégrés et d'un disque codeur qui tourne selon les mouvements verticaux du flotteur. Il est rattaché à l'enregistreur de données.

6.1.3 Générateur d'impulsions

C'est un appareil qui, raccordé à l'assemblage de flotteur, sert à générer des impulsions qui représentent les variations incrémentales du niveau d'eau. Les impulsions sont transmises en ligne directe à des instruments numériques (comme le Stevens Telemark II, le Hydromark ou le Memomark III) pour la télémesure ou l'enregistrement des données.

6.2 CAPTEURS SOUS PRESSION

Ces instruments fonctionnent d'après le principe selon lequel la pression exercée par l'eau sur un point fixe est directement proportionnelle à la profondeur de l'eau ou à la charge d'eau au-dessus de ce point. On utilise des systèmes sous pression :

1. lorsqu'il n'est pas pratique d'installer ou d'exploiter un puits de mesurage, ou qu'il serait coûteux de le faire;
2. lorsqu'on prévoit un calibre excessif de mesure du niveau d'eau ou
3. lorsqu'il faut prévoir un indicateur expérimental ou temporaire.

Les capteurs sous pression sont conçus pour mesurer des pressions absolues ou différentielles et transmettre les valeurs mesurées à un indicateur ou à un enregistreur de données. On peut recourir à n'importe quelle unité technique significative pour les valeurs transmises de pression, souvent converties par la suite en mètres d'eau. Les valeurs sont transmises au moyen d'une interface numérique série (SDI-12), qui a été mise au point surtout pour usage avec des capteurs de variables hydrologiques et environnementales. Les capteurs sous pression mesurent des données absolues ou différentielles :

Pression absolue	– total de la pression atmosphérique <i>et</i> de la pression de la charge d'eau au-dessus de l'orifice sous pression.
Pression différentielle	– pression de la charge d'eau au-dessus de l'orifice de pression <i>uniquement</i> , mesurable lorsque le capteur est muni d'un évent pour la mise à la pression atmosphérique.

Nota — Lorsqu'on mesure la pression absolue, il faut prévoir un deuxième capteur (baromètre) pour mesurer la pression atmosphérique, ce qui permet de calculer la pression différentielle (niveau).

Il existe des capteurs submersibles et non submersibles.

6.2.1 Capteurs submersibles

On trouve deux types de capteurs submersibles :

1. Capteurs de pression absolue —

ils sont installés sur les rives de cours d'eau et n'ont pas besoin d'un système de barbotage, mais ne sont pas munis d'évent pour mise à la pression atmosphérique. Les données sur le niveau d'eau sont transmises à l'enregistreur de données par un câble SDI-12 blindé. Les données représentent le niveau d'eau réel au-dessus du centre du capteur sous pression, *plus* la pression atmosphérique à la surface de l'eau. Si l'on veut mesurer *uniquement* le niveau d'eau au-dessus du capteur sous pression, il faut soustraire la pression atmosphérique, mesurée au moyen d'un baromètre.

2. Capteurs munis d'évent —

le capteur sous pression est installé sur les rives des cours d'eau, n'a pas besoin d'un système de barbotage et est muni d'un tube de mise à la pression atmosphérique qui va d'un orifice scellé du capteur sous pression à un endroit au-dessus de la surface de l'eau (normalement dans l'abri d'instrumentation). Les données sur le niveau d'eau sont transmises à l'enregistreur de données par un câble SDI-12 blindé. Les données représentent uniquement le niveau d'eau réel au-dessus du centre du capteur sous pression, ce qui ne comprend pas la pression atmosphérique, parce que le capteur sous pression est muni d'un évent de mise à la pression atmosphérique.

6.2.2 Capteurs non submersibles

Ces capteurs ont besoin d'un système de purge au gaz. De l'azote comprimé est transmis dans une conduite et peut s'échapper par un orifice fixé sous l'eau dans le cours d'eau ou le lac. À l'extrémité de l'orifice, la pression-résistance exercée par l'eau sur le gaz d'échappement est transmise en retour par la conduite au capteur sous pression de l'abri. La variation de pression influe directement sur un élément d'un transducteur de pression et amène une variation de la résistance électrique, traduite en un signal électronique correspondant à la valeur de niveau d'eau enregistrée.

Des détails additionnels sur les capteurs sous pression submersibles et non submersibles sont donnés dans la leçon n° 5.2, intitulée « Mesure du niveau d'eau – systèmes d'acquisition de données électroniques ».

7.0 LIMNIMÈTRES

Ce sont des instruments qui assurent l'enregistrement à long terme, sans interruption, de la variation du niveau d'eau en relation directe avec le temps. La Division des relevés hydrologiques du Canada a traditionnellement recueilli, sans interruption, des données sur le niveau d'eau au moyen d'enregistreurs analogiques à diagrammes rectangulaires.

Avec le remplacement des enregistreurs à diagrammes rectangulaires par des enregistreurs de données, les enregistrements analogiques ininterrompus sont remplacés par une série de lectures faites à intervalles déterminés à l'avance. Ces intervalles sont établis dans le cadre du programme des relevés hydrologiques pour maintenir l'homogénéité des bases de données d'archives et de celles qui seront créées plus tard, appliquer les théories et les pratiques reconnues et empêcher la création de volumes excessifs de données brutes à traiter et à archiver.

7.1 LIMNIMÈTRES ANALOGIQUES

Dans le cas de ces instruments, un mouvement d'horloge commande le rythme d'avancement du diagramme rectangulaire; en même temps, un flotteur en contact avec la surface de l'eau active un stylet enregistreur, qui reproduit le mouvement vertical du flotteur sur le diagramme. Les capteurs Stevens de modèles A-35 et A-71, les appareils les plus couramment employés par la *Division des relevés hydrologiques du Canada*, exécutent ces fonctions de la même façon.

7.2 ENREGISTREURS NUMÉRIQUES

Il faut des enregistreurs de données pour sauvegarder les données numériques selon une séquence de date et d'heure établie par les capteurs dont on a déjà parlé (voir au [chapitre 6.0](#)). En règle générale, les enregistreurs de données se composent des modules suivants :

1. microprocesseur,
2. module de programmation et mémoire,
3. dispositif de gestion de l'alimentation, et
4. module de communication facultatif.

Les modules sont assemblés sur une ou plusieurs cartes de circuits imprimés et fixés solidement dans un boîtier de protection contre les intempéries. Des connecteurs extérieurs servent à l'entrée d'une source d'alimentation en c.c., d'un dispositif de programmation et d'une source de transmission des données. Le microprocesseur commande toutes les fonctions de synchronisation, de communication et de collecte de données. Les logiciels propres à chaque modèle d'enregistreur de données présentent les données et le temps dans un même format.

8.0 INTERFACE DE CAPTEURS

Le chapitre 6.0, qui porte sur les capteurs, décrit les diverses méthodes utilisées pour la détection des variations du niveau d'eau. Ces variations sont transmises par une interface (transferts de données mécaniques ou numériques) des capteurs à l'indicateur ou à l'enregistreur de données. Le SDI-12 est l'interface de base dont la *Division des relevés hydrologiques du Canada* se sert pour recueillir des données numériques sur le niveau d'eau.

8.1 INTERFACE MÉCANIQUE

Il y a deux méthodes mécaniques d'interface entre les capteurs et l'enregistreur :

1. un câble ou une bande attaché à un flotteur,
2. un moteur électrique avec chaîne et pignon.

8.1.1 Câble ou bande attaché à un flotteur

Un flotteur posé dans le puits transmet les variations du niveau d'eau à l'enregistreur ou au codeur de position angulaire. Le flotteur est raccordé à l'instrument par un câble perlé ou une bande perforée qui passe par-dessus une poulie attachée à l'arbre d'entraînement de l'enregistreur. Le câble ou la bande perforée du flotteur doit se trouver à la verticale. Le flotteur doit être libre de toute obstruction qui gênerait ses déplacements verticaux en fonction des variations du niveau d'eau. Ce sujet est couvert en détail dans la leçon n° 5.1, intitulée « Mesure du niveau d'eau – limnimètres (capteurs à flotteur) ».

8.1.2 Moteur électrique avec chaîne et pignon

Dans un manomètre à système de purge au gaz servant à mesurer le niveau d'eau, de l'azote comprimé est transmis dans une conduite et peut s'échapper par un orifice fixé sous l'eau dans le cours d'eau ou le lac. À l'extrémité de l'orifice, la pression-résistance exercée par l'eau sur le gaz d'échappement est transmise en retour par la conduite vers la colonne de mercure du manomètre. Cette variation de pression active un interrupteur à flotteur à mercure qui, en retour, lance un moteur électrique. Le moteur fait élever ou baisser le réservoir de mercure pour stabiliser la pression. En même temps, le moteur entraîne un arbre raccordé à un enregistreur au moyen d'une chaîne et de pignons qui déplacent l'ensemble transporteur du stylet. Le sujet est examiné dans la leçon n° 6, intitulée « Mesure du niveau d'eau (servo-manomètres) ».

8.2 SDI-12

Le SDI-12 est un dispositif couramment utilisé dans l'industrie.

C'est une interface numérique série qui fonctionne à 1 200 bauds. Il s'agit de l'interface standard pour les enregistreurs de données à piles dotés de capteurs à microprocesseur servant à l'acquisition de données environnementales.

Les données environnementales sont obtenues au moyen d'un capteur (ou d'une série de capteurs) et d'un enregistreur qui recueille et sauvegarde les données. Le SDI-12 est un protocole standard de communication pour transférer des mesures prises par un capteur intelligent à un enregistreur. Le microprocesseur du capteur effectue les calculs, convertit les lectures du capteur dans les unités appropriées et se sert du protocole du SDI-12 pour transférer les données à l'enregistreur.

9.0 TRANSFERT DES DONNÉES

L'accès aux données obtenues sur place ou leur transfert peuvent se faire de différentes façons :

1. au moyen de diagrammes rectangulaires;
2. par téléphone – ligne terrestre/téléphone cellulaire/satellite du service mobile (MSAT);
3. par satellite;
4. par téléchargement direct.

Le choix de la méthode dépend des méthodes disponibles et du degré de priorité des données. Les données en temps réel utilisées pour la prévision des inondations, la gestion des réservoirs ou d'autres besoins immédiats sont accessibles par téléphone (ligne terrestre ou téléphone cellulaire) ou par satellite. Lorsqu'il n'y a pas d'équipement de télémesure installé ou lorsqu'on désire extraire des données archivées dans l'enregistreur de données, les données sont téléchargées sur place au moyen d'un ordinateur personnel.

9.1 DIAGRAMMES RECTANGULAIRES

Les données sur le niveau d'eau recueillies sans interruption ont traditionnellement été obtenues au moyen d'enregistreurs à diagrammes rectangulaires analogiques, puis ont été numérisées en coordonnées instantanées (x,y) représentant le niveau d'eau en fonction du temps. Ces coordonnées ont été traitées au moyen de logiciels internes pour produire des données sur le niveau d'eau selon divers intervalles. Un technicien s'est rendu sur place pour recueillir les diagrammes, puis est revenu au bureau pour le traitement des données.

9.2 TÉLÉPHONE – LIGNE TERRESTRE/TÉLÉPHONE CELLULAIRE/MSAT

Afin d'avoir accès à un enregistreur de données par téléphone, il faut intégrer ou raccorder un modem à l'appareil téléphonique et brancher le modem à un port de communication et à une ligne téléphonique. La plupart des enregistreurs de données peuvent intégrer un modem de conception spéciale, alimenté par l'enregistreur. Un jack ou un connecteur unique est disponible pour le branchement à une ligne téléphonique.

L'enregistreur de données est accessible du bureau au moyen d'un ordinateur personnel doté d'un modem intégré ou distinct. Les communications sont possibles avec le site éloigné au moyen d'un logiciel d'accès téléphonique comme Procomm. Lorsque le contact est établi avec le site éloigné, l'arbre de menus de l'enregistreur de données paraît à l'écran de l'ordinateur personnel. Les données sont téléchargées telles qu'elles ont été recueillies au site éloigné, mais le transfert prend du temps parce que le débit est souvent restreint à au plus 2 400 bauds.

Les sites éloignés auxquels il est impossible d'avoir accès au moyen d'une ligne téléphonique sont accessibles au moyen d'un téléphone cellulaire si la couverture cellulaire est disponible. Il est également possible de se servir d'un téléphone raccordé au satellite MSAT, mais ces deux méthodes sont plus coûteuses, exigent du matériel additionnel sur place et consomment davantage d'énergie.

Les données transférées au moyen d'une ligne téléphonique peuvent aussi être extraites au moyen du système logiciel d'acquisition NewLeaf. Les données sur le niveau d'eau peuvent être transférées manuellement ou au moyen de la composition automatique à intervalles réguliers. Le sujet est examiné dans la leçon 32, intitulée " Systèmes logiciels de calcul ".

9.3 SATELLITE

Les données peuvent être obtenues par satellite (plate-forme de collecte de données) lorsqu'il n'est pas possible d'établir l'accès par téléphone. La plupart des enregistreurs de données sont munis d'un émetteur de plate-forme de collecte de données. L'émetteur, situé à l'intérieur de l'enregistreur de données, obtient les données d'un canal

série et transmet les données au moyen d'une antenne en direction de l'un des trois satellites géostationnaires sur orbite à l'équateur. La Division des relevés hydrologiques du Canada se sert du satellite GOES (satellite opérationnel géostationnaire de l'environnement), exploité par la société américaine NESDIS (National Environmental Satellite, Data, and Information System), des environs de Washington. La NESDIS reçoit les données et les transmet par ligne terrestre à l'organisme central de l'utilisateur.

Les données transférées au moyen des satellites GOES et SIMS (Service d'information météorologique du Service de l'environnement atmosphérique) peuvent être extraites au moyen du système logiciel d'acquisition NewLeaf. Elles sont transmises par l'enregistreur de données à intervalles réguliers et reçues au bureau par antenne parabolique. Le sujet est examiné dans la leçon 32, intitulée " Systèmes logiciels de calcul ".

9.4 TÉLÉCHARGEMENT DIRECT

Les données à long terme dont on n'a pas besoin pour des applications immédiates sont téléchargées directement dans un système d'archivage électronique, au site, au moyen du système de gestion des fichiers de la Division des relevés hydrologiques du Canada. Dans la plupart des cas, les données sont téléchargées sur le disque dur d'un ordinateur personnel, une disquette ou une carte PCMCIA. Elles sont retournées au bureau pour utilisation au moment opportun.



Environment
Canada

Environnement
Canada

RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

Cours n° 5.1 — Limnigraphe à flotteur

R.G. Keene
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
3923 avenue Victoria
Nanaimo (Colombie-Britannique)
Canada V9T 2A1

Droits d'auteur © 1999. Tous droits réservés.

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	OBJET ET CONTEXTE	1
2.0	OBJECTIFS	2
3.0	LIMNIGRAPHERS	3
3.1	DESCRIPTION DES LIMNIGRAPHERS STEVENS A-35 ET A-71	3
3.2	DÉBALLAGE – EMBALLAGE – EXPÉDITION	3
3.3	MÉCANIQUE DE BASE.....	4
3.3.1	<i>Introduction</i>	4
3.3.2	<i>Poulie du flotteur, fil perlé et contrepoids</i>	4
3.3.3	<i>4 Entraînement par ressort</i>	7
3.3.5	<i>Options et accessoires</i>	9
3.3.6	<i>Partial Dismantling and Reassembly</i>	10
3.3.6	<i>Démontage partiel et réassemblage</i>	11
3.3.6.1	<i>Horloges</i>	11
3.3.6.2	<i>Chariot porte-style</i>	11
3.3.6.3	<i>Support de la poulie du flotteur</i>	11
3.3.6.4	<i>Détente du ressort d'entraînement</i>	11
3.3.6.5	<i>Pignonnerie relative à l'échelle de temps</i>	11
3.4	PRÉCISION ET SENSIBILITÉ.....	13
3.4.1	<i>Papier d'enregistrement</i>	13
3.4.2	<i>Flotteur, contrepoids et décalage causé par le flotteur</i>	16
4.0	PUITS DE MESURE	19
4.1	INTRODUCTION	19
4.2	Types de puits de mesure	19
4.3	PRISES D'EAU.....	22
4.3.1	<i>Fonctionnement général</i>	22
4.3.2	<i>Aspiration et fuites</i>	22
4.4	PLAN D'EXPLOITATION	23
4.4.1	<i>Saison des eaux libres</i>	23
4.4.2	<i>Gel, cylindres d'huile et sous-planchers</i>	23
4.4.3	<i>Débâcle printanière</i>	25
4.4.4	<i>Fonte des neiges printanière</i>	26
5.0	ABRIS.....	27
5.1	Introduction	27
5.2	TYPES D'ABRIS	28
5.2.1	<i>Abris avec accès</i>	29
5.2.2	<i>Abris sans accès</i>	29
5.2.3	<i>Abris avec occupation</i>	30

6.0	ÉCHELLES DE CONTRÔLE ET ÉCHELLES AUXILIAIRES	31
6.1	INTRODUCTION	31
6.2	ÉCHELLE DE CONTRÔLE	31
6.3	ÉCHELLE AUXILIAIRE	32
7.0	INSTALLATION, ENTRETIEN ET RÉPARATION DES LIMNIGRAPHERS	33
7.1	INSTALLATION	33
7.2	ENTRETIEN	34
7.3	RÉPARATION ET DÉPANNAGE	36
8.0	DOCUMENTS	39
8.1	INTRODUCTION	39
8.2	DOCUMENTS APPROPRIÉS	39
	8.2.1 Description de la station	39
	8.2.2 Journal de la station de jaugeage	39
	8.2.1 Station Description	39
	8.2.2 Station Log Form	40
	8.2.3 Formulaires d'enregistrement des observations hydrométriques (page couverture)	41
	8.2.4 Papier d'enregistrement	42
	8.2.5 Mise à jour de l'inventaire de la station hydrométrique	42
	8.2.6 Inscription des causes de perte de données	44
9.0	RÉSUMÉ	45
10.0	MANUELS ET OUVRAGES DE RÉFÉRENCE	46
10.1	MANUELS PRATIQUES	46
10.2	OUVRAGES DE RÉFÉRENCE	46
	ANNEXE A : LIMNIGRAPHERS STEVENS	47
	ANNEXE B : DÉCALAGE DU FLOTTEUR ET EFFETS DYNAMIQUES SUR LE FLOTTEUR	50
	ANNEXE C : CONCEPTION DES PUIITS DE MESURE	54
	ANNEXE D : UTILISATION DES CYLINDRES D'HUILE	56
	ANNEXE E : FACTEURS DE CONVERSION MÉTRIQUE	59

1.0 OBJET ET CONTEXTE

Relevés hydrologiques du Canada est chargée de la collecte et de l'évaluation des données relatives à la quantité des eaux intérieures canadiennes. Ce service permet aux Canadiens de gérer et de mettre en valeur les ressources hydrauliques nationales selon les besoins de la population.

Afin d'obtenir des données hydrologiques précises, *Relevés hydrologiques du Canada* utilise souvent, dans certaines stations, du matériel permettant un enregistrement continu du niveau de l'eau. Le limnigraphe est l'un de ces appareils qui produit des enregistrements de qualité, et ce, pendant de longues périodes. Les enregistrements obtenus peuvent nous renseigner sur la durée et l'ampleur des crues, le mouvement des glaces ou sur d'autres phénomènes ayant une incidence sur le niveau de l'eau à un endroit où l'on effectue un relevé hydrologique.

À l'heure actuelle, *Relevés hydrologiques du Canada* se sert de deux versions du limnigraphe Stevens de type A :

- le modèle 35 et

- le modèle 71 qui est plus récent.

Le présent cours porte sur le fonctionnement, l'installation et l'entretien des limnigraphes en question.

2.0 OBJECTIFS

Le présent cours vise à décrire les méthodes utilisées afin d'obtenir un enregistrement continu du niveau de l'eau à l'aide d'un limnigraphe Stevens A-35 ou A-71 muni d'un flotteur. On y étudie aussi les diverses pratiques qui touchent à l'utilisation et à l'entretien des différents types de puits de mesure. À la fin de cette session de formation, le technicien doit être en mesure de s'acquitter des tâches suivantes.

1. Installer un limnigraphe Stevens A-35 ou A-71.
2. Faire fonctionner un limnigraphe Stevens A-35 ou A-71.
3. Apporter des réglages mineurs à un limnigraphe Stevens A-35 ou A-71.
4. Remplacer des pièces d'un limnigraphe Stevens A-35 ou A-71.
5. Décrire les caractéristiques et les modes de fonctionnement des puits de mesure, des jauges étalons et des échelles auxiliaires.

Une liste de termes et définitions est inclus dans le [Glossaire des Termes et Définitions](#)

3.0 LIMNIGRAPHERS

Le limnigraphe est un instrument permettant, sur une longue période, un enregistrement ininterrompu des variations du niveau de l'eau, et ce, en relation directe avec le temps. Un mouvement d'horlogerie assure de façon précise le déroulement du papier d'enregistrement. Au même moment, un flotteur reposant sur la surface de l'eau commande un style qui reproduit, sur la feuille, la course verticale du flotteur. Les limnigraphes Stevens A-35 et A-71 présentent tous les deux le même mode de fonctionnement.

3.1 DESCRIPTION DES LIMNIGRAPHERS STEVENS A-35 ET A-71

Le limnigraphe Stevens A-35 est doté d'un couvercle à charnières qui est muni de tiges de retenue afin de le maintenir ouvert. Bon nombre des pièces composant cet appareil sont faites en laiton. Le modèle A-71, version récente du modèle A-35, est constitué de pièces en plastique et en métaux légers qui lui donnent un poids inférieur à celui de l'ancienne version. La caractéristique prédominante du modèle A-71 est son couvercle en plastique muni de charnières. Une plaque d'identification portant les numéros de modèle et de série ainsi que l'année de fabrication est fixée à l'intérieur du couvercle du modèle A-35 et sur la base intérieure du modèle A-71. Les deux derniers chiffres du numéro de série correspondent à l'année de fabrication de l'appareil.

Quand le Canada a remplacé le système impérial par le système international, tous les limnigraphes Stevens A-35 et A-71 ont subi des modifications mécaniques afin d'effectuer des enregistrements en unités métriques. Les limnigraphes en question sont clairement identifiés par un autocollant portant la mention « MÉTRIQUE » et par la lettre « M » qui est gravée sur l'extrémité du rouleau d'entraînement.

Les limnigraphes Stevens A-71 sont gradués en unités impériales ou métriques; assurez-vous que tout appareil reçu du fournisseur est réglé selon l'unité de mesure appropriée.

3.2 DÉBALLAGE – EMBALLAGE – EXPÉDITION

Avant d'expédier un limnigraphe, le fabricant procède à son essai complet en atelier et il règle le mouvement d'horlogerie afin de s'assurer de la précision de la vitesse d'avancement du papier. Le carton d'expédition renferme des emballages distincts contenant le flotteur, la poulie du flotteur, le ruban ou le fil du flotteur, les raccords et le contrepoids. On peut aussi y trouver de l'encre, de l'huile, des styles et du papier d'enregistrement. En outre, d'autres pièces et accessoires peuvent être emballés séparément. Une enveloppe insérée dans le mode d'emploi contient le bordereau d'expédition. Utilisez-le pour vous assurer que tous les articles sont dans le carton et pour vérifier la concordance du numéro de série.

Les pièces mobiles d'un limnigraphe provenant du fabricant sont attachées avec de la ficelle (figure 1). Enlevez celle-ci ainsi que tout produit d'emballage. Reportez-vous au mode d'emploi pour vous assurer que le limnigraphe est complet et en état de marche. Si c'est possible, procédez à l'essai de celui-ci pendant quelques jours avant de l'installer dans une station hydrométrique. Une fois ces vérifications effectuées, rattachiez toutes les pièces mobiles et réemballez l'appareil comme il l'était au moment de la réception. Pour rattacher les pièces mobiles du limnigraphe, vous pouvez utiliser des bandes élastiques qui remplaceront avantageusement les ficelles. Assurez-vous que la clé du remontoir de l'horloge et la poulie du flotteur sont et resteront en bon état. Si le limnigraphe est muni d'une horloge actionnée par un poids, emballez aussi le poids



Figure 1. Limnigraphe Stevens tel que reçu du fabricant

et le ressort. Ajoutez dans le carton de l'encre ou des styles de rechange ainsi que du papier d'enregistrement supplémentaire.

Une fois le carton d'expédition scellé, inscrivez de façon lisible la mention « Prêt à installer » et précisez le type d'horloge (commandée par poids ou par ressort). Joignez au colis une liste exhaustive des articles qu'il contient afin que l'on puisse déterminer quels éléments supplémentaires seront nécessaires pour procéder à l'installation du limnigraphe.

L'annexe A contient le schéma du limnigraphe Stevens de type A ainsi qu'une liste détaillée de ses pièces.

3.3 MÉCANIQUE DE BASE

3.3.1 Introduction

Les limnigraphes Stevens A-35 et A-71 présentent la même mécanique de base et les mêmes principes de fonctionnement.

Le limnigraphe Stevens de type A utilise un papier d'enregistrement fait sur mesure qui est enroulé sur un tube d'aluminium présentant un diamètre extérieur de 22 mm que l'on appelle « cylindre d'alimentation ». Grâce à un dispositif à friction, le papier, entraîné depuis ce cylindre, glisse sur une surface métallique plane appelée « table d'écriture » puis est enroulé sur un cylindre appelé « cylindre d'enroulement » qui est parfaitement aligné avec le cylindre d'alimentation.

Au fur et à mesure que le papier d'enregistrement glisse sur la table d'écriture, un style y trace une ligne continue. Celui-ci est fixé sur un chariot se déplaçant sur des glissières qui sont perpendiculaires au sens de défilement du papier d'enregistrement. Le chariot est entraîné sur les glissières par une chaîne sans fin commandée par une roue dentée.

L'entraînement adéquat du limnigraphe nécessite deux sources de force motrice. L'une d'elles, reliée au dispositif d'entraînement par friction, permet le déroulement du papier d'enregistrement. Cette force motrice doit être réglée de façon à obtenir, par unité de temps, une vitesse d'avancement du papier précise. Voici trois méthodes qui permettent de produire et de régler la force motrice en question.

1. La force peut être produite par un poids suspendu et réglée par une horloge mécanique.
2. La force peut être produite par la détente d'un ressort et réglée par une horloge mécanique.
3. La force peut être produite par un moteur électrique synchrone à courant alternatif ou par une minuterie électronique à courant continu.

Une force motrice est aussi nécessaire pour commander la roue d'entraînement de la chaîne sans fin qui assure le déplacement du chariot porte-style. Cette force variable est produite par le déplacement vertical du flotteur reposant sur la surface de l'eau.

3.3.2 Poulie du flotteur, fil perlé et contrepoids

Comme on l'a déjà mentionné, le mouvement vertical du flotteur reposant sur l'eau entraîne le chariot porte-style. Ce mouvement est transmis au moyen d'un fil ou d'un ruban souples (que l'on appelle « ligne du flotteur ») qui passent dans la gorge de la poulie du flotteur. L'une des extrémités de la ligne est fixée au flotteur tandis que l'autre est attachée à un contrepoids (figure 2).

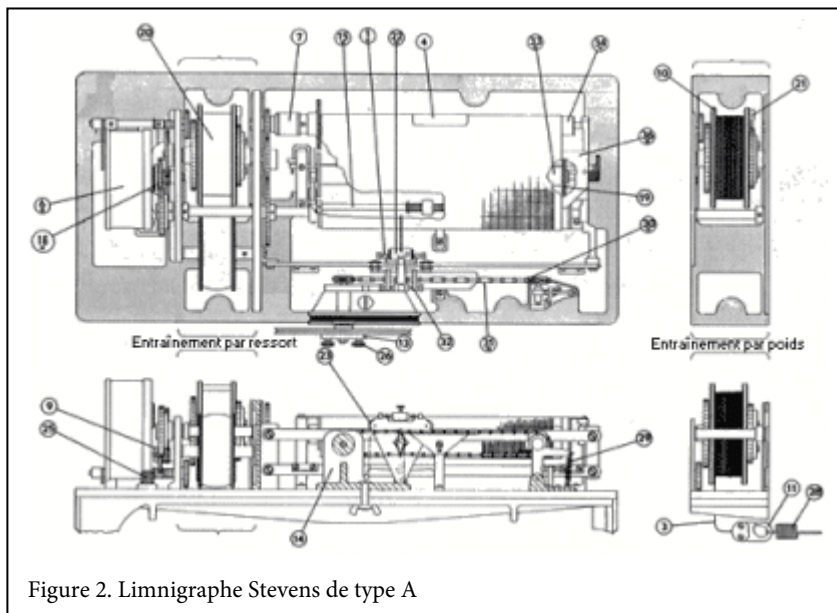


Figure 2. Limnigraphe Stevens de type A

Une horloge mécanique, électrique ou électronique permet de régler la vitesse d'avancement du papier d'enregistrement en fonction de la courbe du niveau de l'eau. La précision de la courbe est liée à la précision de la régulation de la vitesse de déroulement du papier. Les horloges de type mécanique sont celles les plus couramment utilisées.

Les horloges électroniques sont alimentées par courant continu. Elles produisent avec régularité des impulsions dont le couple permet d'entraîner le papier d'enregistrement.

Les horloges électriques à courant alternatif permettent le déroulement du papier d'enregistrement en utilisant le même principe que les horloges électroniques. Leur rendement est relié à la qualité et à la fiabilité de l'approvisionnement en électricité assuré par le service local.

Les horloges mécaniques, électriques et électroniques qui sont installées directement sur un limnigraphe Stevens de type A sont interchangeables.

Les horloges mécaniques peuvent régler de façon précise une source d'alimentation constante mais les fluctuations de cette dernière diminueront la précision de l'appareil. L'autonomie d'une horloge mécanique est fonction du type de source d'alimentation utilisée.

Une horloge actionnée par un poids fonctionnera aussi longtemps que le poids restera suspendu. Une course du poids de 8 mètres entraînera le mécanisme de déroulement du papier pendant environ 4,5 mois. On peut réduire la course du poids en utilisant une combinaison de poulies et en augmentant la masse du poids. La figure 3 illustre plusieurs combinaisons de poulies. On peut voir au tableau 1 le rapport qui existe entre le nombre de poulies, le poids et la course du poids. Dans certains cas, on peut avoir recours à des poulies supplémentaires. Si le poids est submergé, sa force gravitationnelle réelle est réduite et, par le fait même, la précision de l'horloge s'en trouve diminuée.

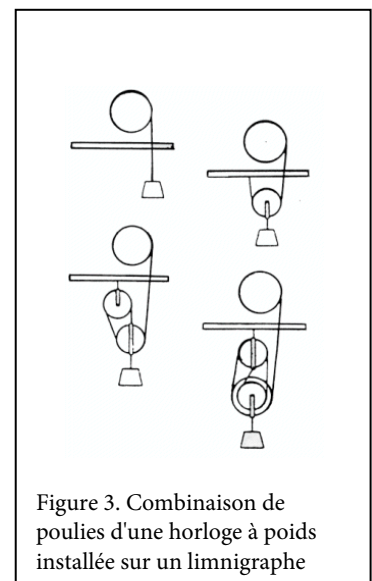


Figure 3. Combinaison de poulies d'une horloge à poids installée sur un limnigraphe

Les horloges à ressort présentent une autonomie de 4,5 ou 6 mois, selon le réglage spécifié. La [section 3.3.4](#) contient de plus amples renseignements concernant les mécanismes d'entraînement à ressort. Des mesures de sécurité particulières doivent être prises lorsqu'on procède à l'entretien courant des limnigraphes entraînés par ressort et par poids.

Tableau 1. Combinaisons de poids et de poulies utilisées avec un limnigraphe entraîné par un poids

Nombre de poulies	Poids en kg	Échelle de temps (déplacement journalier du papier d'enregistrement en mm)				
		30	60	120	180	240
		Course du poids en mètre par mois selon les échelles de temps ci-dessus				
0	5,44	1,37	1,44	1,56	1,60	1,73
1	11,34	0,69	0,72	0,78	0,80	0,87
2	17,24	0,46	0,48	0,52	0,53	0,58
3	23,59	0,34	0,36	0,39	0,40	0,43

Tous les limnigraphes Stevens de type A sont dotés d'un « cliquet de sûreté » qui maintient le ressort sous tension. Lorsque ce dernier est engagé, il bloque l'arbre du remontoir et permet d'isoler l'horloge de la source d'alimentation. Le cliquet de sûreté, situé à l'extrémité extérieure de l'arbre du remontoir, s'engage au moment où le mécanisme d'entraînement à poids ou à ressort est remonté.

NOTA — Le mécanisme d'entraînement du papier d'enregistrement ne fonctionnera pas si le cliquet de sûreté est engagé. Ne maintenez pas le cliquet de sûreté en position désengagée.

Pour enlever une horloge mécanique, vissez la clé du remontoir à sa place. Poussez l'arbre du remontoir et faites-le tourner jusqu'à ce que le cliquet de sûreté s'engage. Si ce dernier n'est pas engagé, le câble relié au poids ou le ressort se dérouleront de façon incontrôlée, produisant par le fait même un risque de blessure grave. Enlevez les vis fixant l'horloge à la base de l'enregistreur. Glissez l'horloge vers l'extérieur en prenant bien soin de ne pas déplacer le cliquet de sûreté. Ne tournez pas la clé du remontoir une fois l'horloge enlevée. Si vous tournez la clé du remontoir, le cliquet de sûreté se désengagera, produisant ainsi le déroulement incontrôlé du ressort.

Pour réinstaller l'horloge, glissez la base de celle-ci par-dessus le goujon situé sur la base de l'enregistreur à l'endroit prévu pour l'horloge. Faites tourner le mécanisme d'entraînement de l'enregistreur afin d'aligner le raccord mâle de la roue de ce dernier avec le raccord femelle de la chape d'entraînement de l'horloge. Glissez l'horloge à sa place. Ne relâchez pas la tension sur la clé du remontoir tant que l'horloge n'est pas en place. Installez les vis d'assemblage puis désengagez le cliquet.

Pour régler l'horloge, faites tourner le mécanisme d'entraînement de l'enregistreur de façon à engager le cliquet de sûreté. Dévissez le couvercle arrière de l'horloge afin d'atteindre l'écrou de réglage du temps. En tournant l'écrou moleté d'un quart de tour vers la gauche, on ralentit l'horloge d'environ 30 secondes par jour.

Identifiez les horloges mécaniques de façon permanente et tenez un registre d'entretien et de fonctionnement propre à chaque horloge. Un horloger qualifié devrait procéder au nettoyage et au graissage de l'horloge à au moins tous les deux ans. Les horloges fonctionnant sous des températures froides doivent être graissées avec le lubrifiant « Moebius Syntalube Arctic » et porter la mention « prête pour l'hiver ».

Les horloges électriques à courant alternatif sont utilisées qu'aux endroits dotés d'une source d'alimentation en courant alternatif de 60 cycles. Leur précision est fonction de la régularité de cette source. Si la périodicité du courant varie ou si celui-ci est interrompu momentanément, la précision de l'enregistrement sera diminuée. De telles imprécisions sont difficiles à repérer sur une courbe de graphique.

En outre, les pannes de longue durée se produisent souvent pendant les périodes où la collecte des données est très importante. Aucune mesure particulière n'est nécessaire pour déposer et réinstaller une horloge électrique. Il suffit de débrancher le cordon d'alimentation, de dévisser la base de l'horloge, et de glisser celle-ci vers l'extérieur de l'enregistreur. Pour réinstaller l'horloge, on n'a qu'à effectuer les opérations inverses en s'assurant que le raccord mâle de la roue d'entraînement de l'enregistreur est bien aligné avec la chape d'entraînement de l'horloge.

Les horloges électroniques au quartz fonctionnent avec une source de CC de tension spécifique. La durée et la précision de leur fonctionnement ininterrompu sont fonction de la qualité des composantes électroniques et de la régularité de l'alimentation en courant. La dépose et la réinstallation de ce type d'horloge s'exécutent de la même manière que dans le cas de l'horloge électrique, et ce, sans qu'il soit nécessaire de prendre des dispositions particulières. Le déroulement du papier d'enregistrement commence dès que l'appareil est raccordé à la source d'alimentation. Suivez les directives du fabricant pour choisir l'échelle de temps appropriée et pour vous assurer que la tension d'alimentation est adéquate.

3.3 .4 Entraînement par ressort

Le mécanisme d'entraînement par ressort est une source d'alimentation servant à commander le déroulement du papier d'enregistrement. Il est constitué d'une bande d'acier à ressort dont l'une des extrémités est fixée à un tambour de rembobinage et dont l'autre est fixée à un tambour d'enroulement. Lorsqu'on enroule la bande à ressort sur le tambour d'enroulement, elle emmagasine de l'énergie. Quand cette énergie est libérée et réglée par l'horloge, la bande à ressort s'enroule sur le tambour de rembobinage. Le type de ressort utilisé est conçu pour libérer une quantité d'énergie constante pendant une période de quatre mois et demi ou six mois, selon le réglage effectué sur l'appareil.

De faible encombrement, le mécanisme d'entraînement à ressort s'intègre parfaitement aux éléments situés sous le couvercle du limnigraphe. Ainsi, on peut utiliser ce mécanisme aux endroits où il est impossible ou peu commode d'installer un limnigraphe entraîné par poids. En outre, il est très facile d'interchanger ces deux types de mécanismes d'entraînement. Malheureusement, le mécanisme d'entraînement à ressort peut être la cause de blessures graves. Il doit par conséquent être manipulé avec soins. Le déroulement incontrôlé d'un ressort peut constituer une expérience désagréable pouvant aussi causer des blessures au technicien et endommager le limnigraphe. Si, pour une raison quelconque, le ressort doit être déroulé, suivez attentivement les étapes suivantes :

1. Déposez l'horloge mécanique tel qu'indiqué à la section 3.3.3.
2. Déposez le papier d'enregistrement du cylindre d'enroulement.
3. Déposez la table d'écriture et le cylindre d'alimentation.
4. Empoignez fermement le rouleau d'entraînement avec votre main droite (il s'agit du plus gros cylindre en face de vous).

5. Tournez légèrement le rouleau vers vous afin d'enlever la tension exercée sur le cliquet de sûreté.
6. Maintenez fermement le rouleau d'entraînement pendant que vous enlevez le cliquet de sûreté avec votre main gauche. Ne sursautez pas lorsque l'engrenage de l'arbre du remontoir se désengagera.
7. Laissez le ressort se dérouler lentement et complètement en vous servant de votre prise sur le rouleau pour en freiner le déroulement.

NOTA — Tous les mécanismes d'entraînement à ressort doivent être munis d'un protecteur (voir la figure 4).

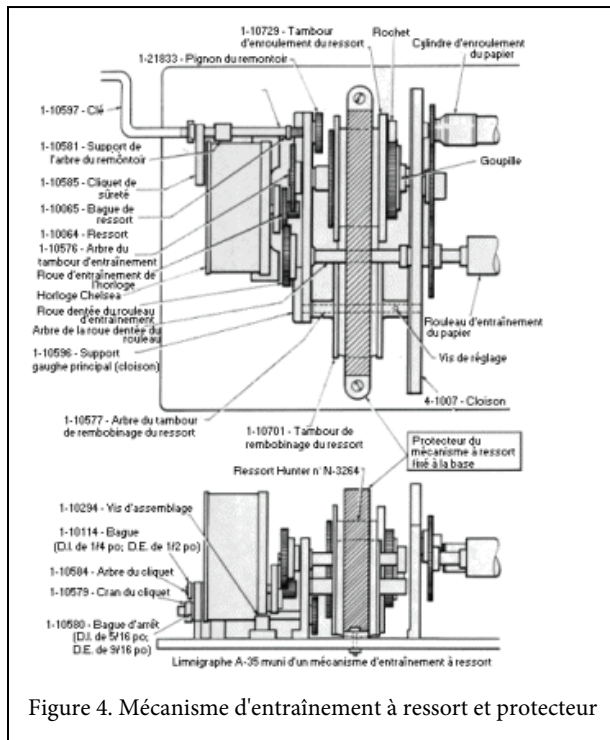


Figure 4. Mécanisme d'entraînement à ressort et protecteur

3.3.5 Options et accessoires

Options						
Limnigraphe de type A	• Mécanisme d'entraînement à ressort • Mécanisme d'entraînement par poids • Entraînement par moteur électrique synchrone • Horloge électronique					
Style	• Réservoir d'encre liquide • Crayon à pointe feutre					
Poulie du flotteur	• Fil perlé • Ruban • Circonférence de la poulie : 375 mm • échelle du graphique : 1,25 m • Circonférence de la poulie : 750 mm • échelle du graphique : 2,50 m					
Arbre de la poulie du flotteur	• Doté d'engrenages qui permettent d'enregistrer les données selon des échelles de graphiques spécifiques <table border="1"><tr><td>0,25 m</td><td>0,50 m</td><td>5,00 m</td><td>6,25 m</td><td>12,50 m</td></tr></table>	0,25 m	0,50 m	5,00 m	6,25 m	12,50 m
0,25 m	0,50 m	5,00 m	6,25 m	12,50 m		
Échelle de temps	• 60 mm par jour (standard) • Choix d'engrenages selon le type de mécanisme d'entraînement du papier d'enregistrement (voir la figure 9).					
Accessoires						
Indicateur de temps	• Inscrit une marque sur le papier d'enregistrement à tous les 60 mm en fonction de l'horloge (voir la figure 7).					
Indicateur de retournement	• Indique les points de retournement de la courbe du niveau de l'eau (voir la figure 8).					
Thermographe	• Se reporter aux directives supplémentaires contenues dans le mode d'emploi du limnigraphe Leupold and Stevens.					
Autres	• Se reporter à l'<u>annexe A</u>.					

Indicateur de temps : Il s'agit d'un accessoire qui, au moyen d'un style supplémentaire, trace une ligne sur la marge gauche du papier d'enregistrement et, chaque fois qu'un certain intervalle est écoulé, produit une déflexion sur la ligne. Les déflexions en question sont commandées par l'horloge : elles correspondent donc au temps de l'horloge et non aux divisions de temps de la feuille d'enregistrement. Elles servent de base pour la correction d'erreurs d'enregistrement pouvant être provoquées par l'humidité. Lorsque le degré d'humidité est normal, les déflexions sont espacées de 60 mm. Un anneau de mise en action réglable permet la synchronisation initiale des déflexions avec les divisions principales du papier d'enregistrement.

L'indicateur de temps peut être acheté séparément et être installé sur place (voir la figure 5). On l'installe à l'avant du support gauche de la table d'écriture et il y est fixé à l'aide d'une vis et maintenu en place par une goupille. L'anneau de mise en action, dont la partie oblique de la languette de commande est située du côté donnant sur le papier d'enregistrement, est installé sur le moyeu du pignon intermédiaire.

The time marker accessory can be purchased as a separate accessory for installation in the field (Figure 5). It mounts on the front of the left writing plate standard and is held by one screw and positioned by a pin. The actuator ring fits over the hub of the idler gear, with the slanted portion of the actuating tab situated on the side toward the chart.

Reversal Indicator : This accessory eliminates possible confusion when interpreting graphs with reversals at the margin. The indicator makes a continuous pen line in the right margin of the chart. When a stylus reversal occurs while the stage is still changing in the same direction, a jog is made in the line. This mark distinguishes a stylus reversal from a stage reversal. Short jogs in the pen line are made when the sprocket rotates clockwise, and long jogs appear when it rotates counterclockwise.

The reversal indicator can be purchased as a separate accessory for installation in the field. It mounts on the right standard just to the rear of the tracks (Figure 6). It is positioned by a pin and held in place by a screw and nut. The relative lengths of the ink-line jogs can be adjusted by loosening the lower setscrew on the tripper arm hub and rotating the hub slightly. The chain must have three operating pins, one for the stylus carriage and two for the reversal indicator. For recorders made prior to January 1969, it is necessary to purchase a new chain with the three operating pins.

3.3.6 Partial Dismantling and Reassembly

Once you are familiar with the recorder in a friendly environment, on-site installation and servicing can be accomplished with greater confidence and ease.

3.3.6.1 Clock

Refer to [section 3.3.3](#).

3.3.6.2 Pen Carriage Assembly

(Assume the float pulley is engaged with the float cable or tape.) Mark the position of the upper guide rail before proceeding with the pen carriage assembly removal. To remove, disengage the pulley clamp by loosening the two knurled set screws. This allows free blank movement of the pen carriage assembly. Move the carriage to the centre and disengage the pin on the drive chain from the diamond-shaped slot at the back of the carriage. Next, move the carriage to the extreme right of the guide rails and loosen the screw that secures the right end of the upper guide rail. The end of the guide rail may now be pushed slightly downward to free the carriage rollers from the rails. Gently lift out the pen carriage.

The drive chain may now be removed by slightly lifting the lever which applies spring tension to the right hand sprocket assembly. Disengage the chain from this sprocket and then the left sprocket. Remove the chain by lifting it up or sliding it out to the right along the recorder base.

Reassembly : Reverse the above procedure. When securing the upper guide rail, run the pen carriage once or twice along the rails to ensure there is no restriction of movement and that the rollers will not disengage.

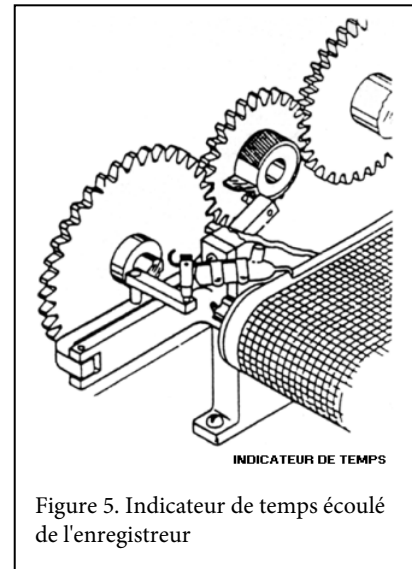


Figure 5. Indicateur de temps écoulé de l'enregistreur

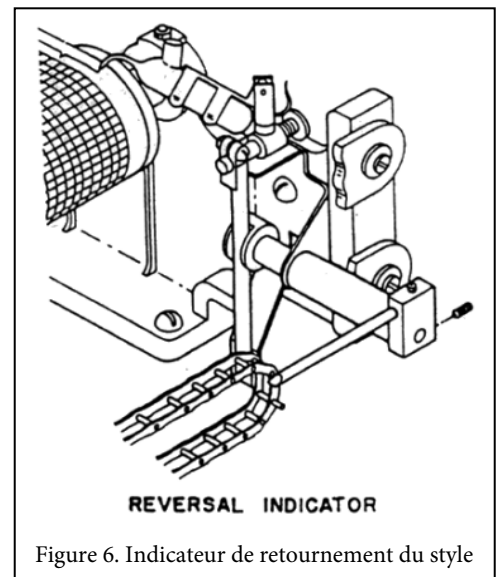


Figure 6. Indicateur de retournement du style

3.3.6 Démontage partiel et réassemblage

Une fois que vous vous êtes familiarisés avec le limnigraphe dans un milieu où vous êtes à l'aise, son entretien et son installation sur le terrain peuvent être effectués avec plus d'assurance et plus de facilité.

3.3.6.1 Horloges

Reportez-vous à la [section 3.3.3](#).

3.3.6.2 Chariot porte-style

(Supposons que le fil ou le ruban du flotteur est engagé dans la poulie du flotteur.) À l'aide d'une marque, indiquez la position de la glissière supérieure avant de procéder à l'enlèvement du chariot porte-style. Pour enlever ce dernier, libérez la bride de la poulie en desserrant les deux vis de réglage moletées. On peut maintenant déplacer sans contrainte le chariot porte-style vers le centre et dégager la goupille située sur la chaîne d'entraînement depuis l'ouverture en forme de losange située à l'arrière du chariot. Déplacez ensuite le chariot vers l'extrême droite des glissières et desserrez la vis qui retient l'extrémité droite de la glissière supérieure. Celle-ci peut alors être abaissée légèrement afin de dégager les roues libres du chariot. Soulevez délicatement le chariot porte-style.

On peut maintenant enlever la chaîne d'entraînement en soulevant légèrement le levier qui applique une pression par ressort à la roue dentée de droite. Une fois la chaîne libérée de cette roue, enlevez-la de la roue de gauche. Pour enlever la chaîne, soulevez-la ou glissez-la le long de la base de l'enregistreur.

Réassemblage : Exécutez les étapes décrites ci-dessus dans l'ordre inverse. Lorsque vous fixez la glissière supérieure, déplacez le chariot le long des glissières une ou deux fois afin de vous assurer qu'il n'y a aucune contrainte et que les roues libres restent bien engagées.

3.3.6.3 Support de la poulie du flotteur

Après avoir enlevé le chariot du porte-style et la chaîne d'entraînement, enlevez le support de la poulie du flotteur en dévissant l'écrou à oreilles situé sous la base de l'enregistreur puis en soulevant le support. Il peut être nécessaire de tapoter délicatement sur le support afin de le libérer des goujons d'alignement situés sous sa base.

Réassemblage : Alignez la base avec les goujons d'alignement, appliquez une pression afin qu'elle soit bien en place et resserrez l'écrou à oreilles.

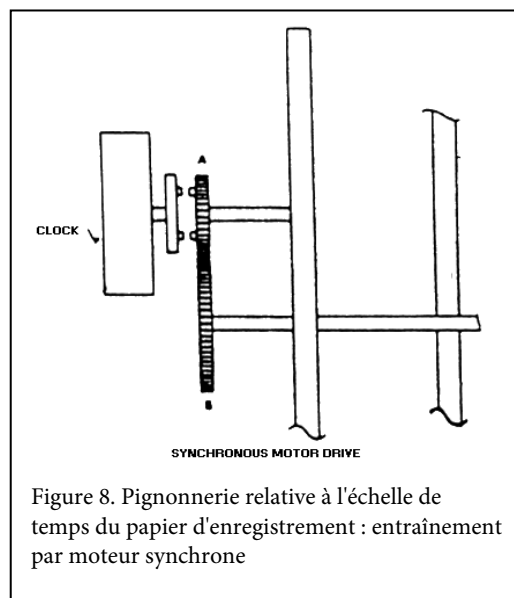
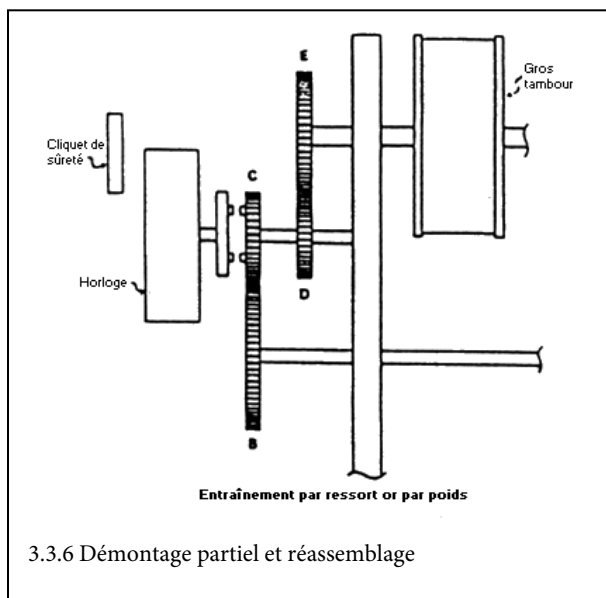
3.3.6.4 Détente du ressort d'entraînement

Reportez-vous à la [section 3.3.4](#) intitulée « Entraînement par ressort » et observez la marche à suivre pour le déroulement du ressort. **SOYEZ PRUDENTS.**

3.3.6.5 Pignonnerie relative à l'échelle de temps

Les limnigraphes sont dotés d'une pignonnerie qui offre une vaste gamme de vitesses d'avancement du papier d'enregistrement (voir la figure 7). Un numéro d'identification, correspondant au nombre de dents des roues dentées, est estampé sur chacune d'elles. Celles-ci peuvent être utilisées selon diverses combinaisons afin d'obtenir la vitesse d'avancement du graphique d'enregistrement désirée, comme l'illustre la figure 8.

Avant d'enlever une roue dentée, assurez-vous que l'horloge est enlevée. S'il s'agit d'un enregistreur doté d'un mécanisme d'entraînement à poids ou à ressort, on doit enlever ce mécanisme. Le simple fait d'enclencher le cliquet de sûreté ne constitue pas une mesure suffisante.



Valeur du papier d'enregistrement			Durée du papier d'enregistrement (22,9 m)	Nombre de dents de la roue			
Désignation de l'échelle (mm/jour)	Divisions			B	C	D	E
	Majeures (30 mm)	Mineures (2,2 mm)					
30	24 hr	2 hr	2 yr	85	29	20	98
60	12 hr	1 hr	1 yr	66	45	14	65
120	6 hr	30 min	6 mo	66	90	20	86
180 *	4 hr	20 min	4 mo	45	92	15	63
240 *	3 hr	15 min	3 mo	44	120	16	62
NOT A • Les roues dentées C et D sont installées sur le même moyeu. • * Mécanisme d'entraînement par poids seulement.							

Valeur du papier d'enregistrement			Durée du papier d'enregistrement (22,9 m)	Nombre de dents de la roue		Vitesse de l'horloge à CA
Désignation de l'échelle (mm/jour)	Divisions			A	B	
	Majeures (30 mm)	Mineures (2,3 mm)				
30	24 h	2 h	2 ans	13	130	3 tr/jour
60	12 h	1 h	1 an	24	120	3 tr/jour

120	6 h	30 min	6 mois	40	100	3 tr/jour
180	4 h	20 min	4 mois	54	90	3 tr/jour
240	3 h	15 min	3 mois	64	80	3 tr/jour
240	3 h	15 min	3 mois	13	130	24 tr/jour
360	2 h	10 min	2 mois	78	65	3 tr/jour
360	2 h	10 min	2 mois	18	120	24 tr/jour
720	1 h	5 min	1 mois	33	110	24 tr/jour
1440	30 min	2.5 min	15 jours	54	90	24 tr/jour
3600	12 min	1 min	150 h	84	56	24 tr/jour
3600	12 min	1 min	150 h	21	84	144 tr/jour
7200	6 min	30 sec	75 h	35	70	144 tr/jour
10800	4 min	20 sec	50 h	45	60	144 tr/jour
21600	2 min	10 sec	25 h	63	42	144 tr/jour

Les roues dentées sont maintenues en place par une vis à tête fendue vissée dans l'extrémité de l'arbre d'entraînement. Il suffit de dévisser cette dernière pour pouvoir glisser la roue sur l'arbre. Au moment du réassemblage ou de l'échange de roues dentées, assurez-vous que vous avez mis toutes les rondelles et les cales d'épaisseur dans le bon ordre. Assurez-vous que toutes les roues sont bien alignées et bien engagées. Procédez à l'essai de l'enregistreur afin de vous assurer qu'il est réglé à la bonne vitesse d'avancement du papier d'enregistrement. Reliez au moyen d'une ficelle les roues dentées que vous n'utilisez pas, emballez-les et identifiez-les clairement.

3.4 PRÉCISION ET SENSIBILITÉ

On peut modifier la précision d'un enregistreur sur le plan du temps en utilisant diverses combinaisons de roues dentées pour régler la vitesse de déroulement du papier d'enregistrement. Le fonctionnement irrégulier de l'horloge peut avoir une incidence sur la précision de l'enregistreur. La précision de la courbe du niveau de l'eau peut être modifiée en utilisant diverses dimensions de poulies de flotteur ou diverses options de pignonnerie standard. Un mauvais réglage des pièces de l'enregistreur en réduit la précision. Ainsi, un style qui a du jeu présentera un décalage par rapport au déplacement du chariot; une bride de fixation de la poulie du flotteur mal serrée aura une incidence sur la précision de l'enregistreur en permettant un écart entre le mouvement de la poulie du flotteur et le chariot porte-style.

Le terme sensibilité désigne l'aptitude qu'a un appareil pour réagir à un mouvement tel la variation du niveau de l'eau et pour la reproduire fidèlement sous forme de courbe de graphique. La sensibilité peut varier selon le type de dispositif à flotteur utilisé. Les situations énumérées à la [section 3.4.2](#) ont une incidence sur la précision de l'instrument.

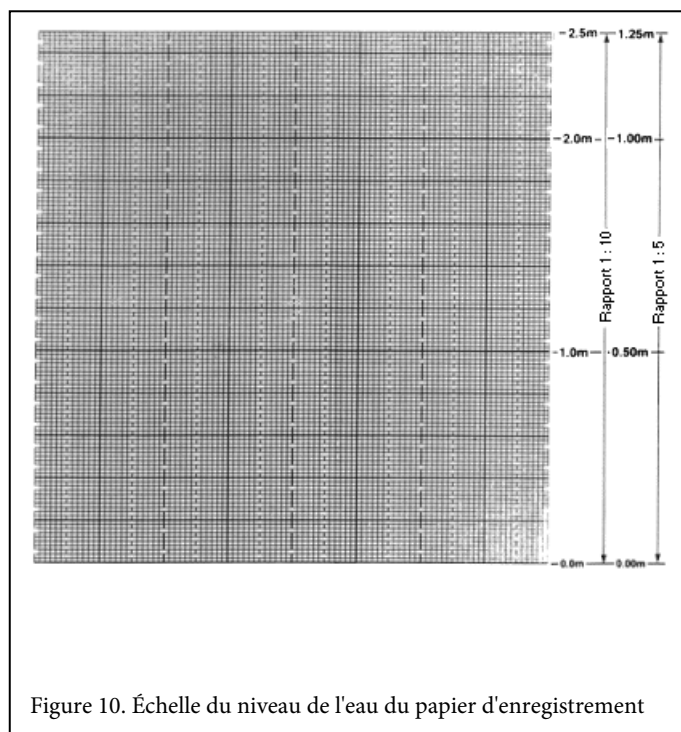
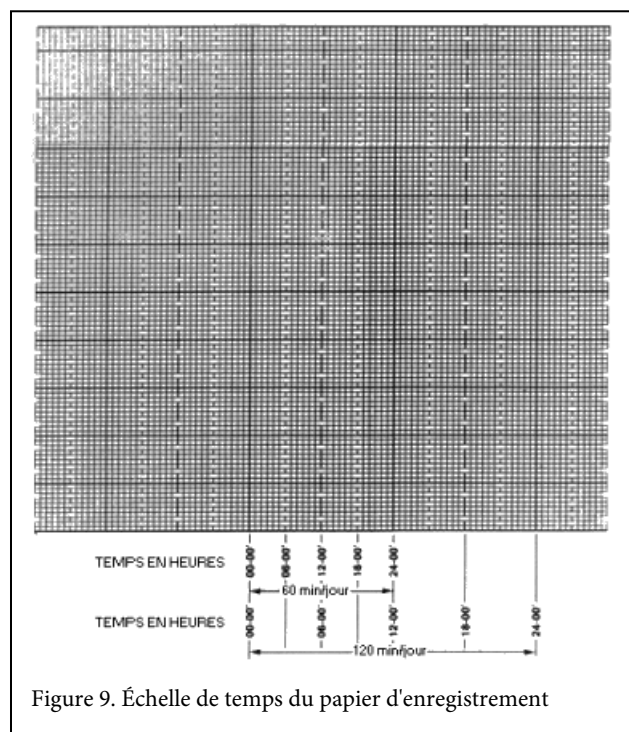
3.4.1 Papier d'enregistrement

Le limnigraphe Stevens de type A, modèle 25, utilise du papier d'enregistrement d'une largeur de 25 cm, lequel est enroulé sur un cylindre d'alimentation. Si le déroulement du papier est de 60 mm par jour, le rouleau d'alimentation durera environ 400 jours. Lorsque celui-ci sera presque épuisé, une ligne diagonale apparaîtra sur le graphique. Celle-ci sert à déterminer le nombre de jours pendant lesquels le rouleau peut encore être utilisé en multipliant la distance (en centimètres) entre la ligne diagonale et le côté gauche de la feuille par l'un des facteurs suivants.

Échelle de temps	
60 mm/jour	Multipliez par 4
120 mm/jour	Multipliez par 2
180 mm/jour	Multipliez par 1,33
240 mm/jour	Multipliez par 1

L'échelle de temps du papier d'enregistrement est fractionnée en division horaire : une ligne grasse continue à toutes les 24 heures; une ligne grasse pointillée à toutes les 12 heures; une ligne fine pointillée à toutes les 6 ou 18 heures (voir la figure 9).

L'échelle du niveau de l'eau est constituée de divisions de deux millimètres, d'une ligne plus foncée à tous les 2 centimètres et une ligne grasse à tous les 10 centimètres (voir la figure 10). Une poulie de flotteur d'une circonférence de 750 mm correspond à un rapport style-flotteur de 1:10 (un déplacement de la courbe d'enregistrement de 1 cm équivaut à une variation du niveau de l'eau de 10 cm). Une poulie de flotteur d'une circonférence de 350 mm correspond à un rapport style-flotteur de 1:5 (un déplacement de la courbe d'enregistrement de 1 cm équivaut à une variation du niveau de l'eau de 5 cm). Un rapport style-flotteur de 1:5 est deux fois plus précis qu'un rapport de 1:10 et il assure une plus grande précision au moment du relevé des valeurs de niveau d'eau sur le graphique. Un tel rapport est habituellement utilisé aux endroits où les variations du niveau de l'eau sont faibles.



Les fortes variations du degré d'humidité atmosphérique peuvent provoquer l'étirement et (ou) le rétrécissement du papier d'enregistrement, ce qui se traduit par une erreur sur le plan du temps. On peut déterminer une telle erreur en se servant de l'indicateur de temps décrit à la [section 3.3.5](#).

NOTA — N'emmagasinez pas le papier d'enregistrement au cours d'une période supérieure à un an.

Les erreurs dans la courbe du niveau de l'eau se produisent quand le papier d'enregistrement dévie de sa trajectoire entre le cylindre d'alimentation et le cylindre d'enroulement. Indiquez cette erreur au moyen d'une marque sur la courbe de graphique en vous basant sur des relevés périodiques du niveau de l'eau réel. Vous pouvez atténuer ce type d'erreur en alignant soigneusement la trajectoire du papier d'enregistrement à chaque fois que vous attachez le papier au cylindre d'enroulement.

3.4.2 Flotteur, contrepoids et décalage causé par le flotteur

La qualité des relevés effectués à l'aide d'un limnigraphe à flotteur est fonction de la transmission immédiate et précise du mouvement du flotteur à l'enregistreur. La sensibilité et la précision de la transmission du mouvement en question sont altérées par les situations suivantes.

Le décalage causé par le flotteur : Il s'agit de la capacité qu'a la force réelle produite par le flotteur de compenser la friction exercée par le mécanisme d'entraînement du style.

Le déplacement du poids de la ligne : Une telle situation consiste en l'incidence qu'a le transfert de poids du ruban ou du fil du flotteur sur la ligne de flottaison de ce dernier au cours des variations du niveau de l'eau.

Submersion du contrepoids : Une telle situation se traduit par des variations de la valeur du déplacement du poids de la ligne à cause de la poussée relative au principe d'Archimède s'exerçant sur le poids submergé et sur la partie du fil ou du ruban du flotteur submergée.

Incidence des forces dynamiques sur le flotteur : La réaction du flotteur aux oscillations de la surface de l'eau peut se traduire par un barbouillage large. Le décalage de la réaction du flotteur crée une force d'inertie. Il en découle un barbouillage dont les crêtes supérieures et inférieures dépassent la variation du niveau de l'eau.

Afin d'assurer une rotation précise de la poulie du flotteur par rapport au mouvement de ce dernier, le glissement entre la poulie et la ligne du flotteur doit être évité en utilisant soit un fil perlé, soit un ruban perforé. Ces deux types de lignes s'engrènent parfaitement dans la gorge de la poulie. On doit utiliser une ligne légère afin de réduire au minimum les erreurs (déplacement du poids de la ligne). La variation du niveau de l'eau provoque le déplacement du poids de la ligne en transférant une partie de celle-ci d'un côté ou de l'autre de la poulie du flotteur. D'ordinaire, le fil perlé est plus léger que le ruban perforé. Par conséquent, on devrait l'utiliser à toutes les fois que la situation exige l'emploi d'une ligne de flotteur longue.

Un contrepoids en plomb garde la ligne du flotteur tendue et constamment engagée dans la poulie du flotteur. Comme l'indique le tableau 2, la masse du contrepoids doit être proportionnelle aux dimensions du flotteur.

Tableau 2. Rapport entre le diamètre du flotteur du limnigraphe et la masse du contrepoids	
Diamètre du flotteur (cm)	Contrepoids (g)
7,62	85
10,2	113
12,7	170
15,2	227
20,3	284
25,4	340
30,5	454
35,6	454
40,6	567

On obtiendra dans la plupart des cas une sensibilité et une précision adéquates si la table ci-dessus est utilisée pour choisir le diamètre du flotteur et le contrepoids y correspondant. Cependant, aux endroits où l'on utilise de longues lignes de flotteur, il peut être nécessaire d'effectuer des corrections pour le décalage du flotteur et pour le déplacement du poids de la ligne.

Le tableau 3 illustre la marge d'erreur relative au décalage du flotteur provoqué par la friction. Le tableau 4 dresse une liste des marges d'erreur relatives au déplacement du poids de la ligne selon divers diamètres de flotteur et divers niveaux de l'eau. Vous trouverez à l'[annexe B](#) de plus amples renseignements concernant ce type d'erreur ainsi qu'une formule permettant d'effectuer les calculs qui s'imposent.

Tableau 3. Erreur relative au décalage du flotteur provoqué par la friction										
Échelle du graphique (métrique)	Poulie du flotteur	Diamètre du flotteur (cm)								
		Circonférence	7,62	10,2	12,7	15,2	20,3	25,4	30,5	35,6
		Limites extérieures acceptables								
1:1	375 mm	0,027	0,016	0,010	0,007	0,004	0,002	0,002	0,001	0,001
1:2	750 mm	0,014	0,008	0,005	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001
1:5	375 mm	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
1:10	750 mm	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1:10	375 mm	0,004	0,002	0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
1:20	750 mm	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1:25	375 mm	0,003	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1:50	750 mm	0,002	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Contrepoids		85	113	170	227	284	340	454	454	567

recommandé (g)

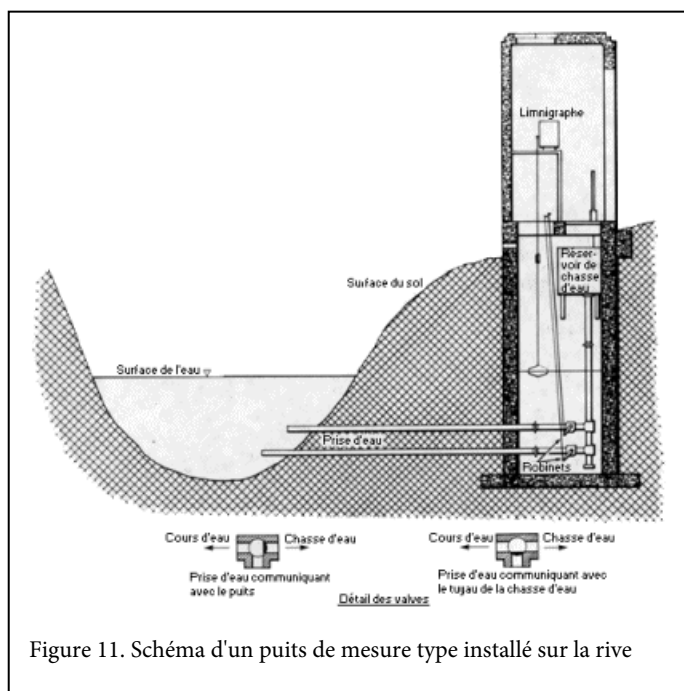
Tableau 4. Erreur relative au déplacement du poids de la ligne (m)

Diamètre du flotteur (cm)	<u>Fil perlé (184 g par 30,5 mètres)</u>					<u>Ruban (454 g par 30,5 m)</u>				
	Variation du niveau (m)					Variation du niveau (m)				
	1,52	3,05	6,10	15,2	30,5	1,52	3,05	6,10	15,2	30,5
	Limites extérieures acceptables					Limites extérieures acceptables				
7,62	0,004	0,008	0,016	0,041	0,081	0,007	0,011	0,023	0,056	0,113
10,2	0,002	0,005	0,009	0,023	0,046	0,004	0,007	0,014	0,036	0,072
12,7	0,002	0,003	0,006	0,015	0,029	0,002	0,005	0,010	0,025	0,050
15,2	0,001	0,002	0,004	0,010	0,020	0,002	0,003	0,005	0,014	0,028
20,3	0,001	0,001	0,002	0,006	0,012	0,001	0,002	0,004	0,009	0,018
25,4	0,000	0,001	0,002	0,004	0,007	0,001	0,001	0,002	0,006	0,012
30,5	0,000	0,001	0,001	0,002	0,005	0,001	0,001	0,002	0,005	0,009
35,6	0,000	0,000	0,001	0,002	0,004	0,000	0,001	0,002	0,004	0,007
40,6	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003					

4.0 PUIITS DE MESURE

4.1 INTRODUCTION

Le puits de mesure (figure 11) est une enceinte verticale ne permettant qu'un accès limité à la masse d'eau extérieure. Il a pour objet d'amortir les fluctuations rapides du niveau de l'eau et de protéger les éléments du dispositif à flotteur. Le puits de mesure doit être en position verticale et il doit présenter une stabilité adéquate afin d'éliminer les mouvements horizontaux et verticaux. Les dimensions et la forme des puits de mesure ainsi que le type de matériaux utilisés pour leur construction peuvent varier. Cependant, le puits doit être assez large pour permettre le libre fonctionnement de tout le matériel.



D'habitude, le puits de mesure est placé à quelques mètres du bord de l'eau. Il est relié à la masse d'eau par des prises d'eau constituées de tuyaux en acier. Le puits peut aussi être placé directement dans la masse d'eau en l'attachant à un quai, à une pile de pont, à une butée ou à une digue. Le fond du puits doit être à au moins 0,3 mètre sous le niveau d'eau minimum prévu tandis que le dessus du puits doit être au-dessus du niveau d'eau maximum. Tous les puits de mesure doivent être munis de trous de ventilation situés dans leur partie supérieure et recouverts d'un grillage afin de permettre à l'humidité de s'échapper.

L'emplacement du puits de mesure et le type de matériau utilisé pour sa construction sont choisis selon les conditions observées sur place. En outre, une bonne conception tiendra compte des particularités physiques de l'emplacement et des conditions climatiques et elle visera à assurer le passage continu de l'eau. Se reporter au cours n° 2 portant sur le choix de l'emplacement.

4.2 TYPES DE PUIITS DE MESURE

On détermine le choix d'un type de puits de mesure d'après les conditions observées sur place et d'après le matériel

devant être installé. Une installation simple permettant de loger seulement le limnigraphe consiste en un tuyau en plastique ou en métal dont le diamètre est de 0,5 m que l'on coupe à la longueur voulue et que l'on fixe à la pile d'un pont. L'extrémité inférieure du tuyau est scellée. Le tuyau est perforé à plusieurs endroits afin d'assurer un équilibre continu entre les niveaux d'eau intérieur et extérieur. Une porte étanche, située près du fond du puits, permet l'accès au puits lorsque le niveau de l'eau est bas afin d'en retirer les dépôts vaseux. Les figures 12 et 13 illustrent des exemples de puits de mesure en métal du type exposé.



Figure 12. Puits de mesure en métal du type exposé installé près de la rive



Figure 13. Puits de mesure en métal du type exposé installé au centre du cours d'eau

L'installation d'un puits de mesure sur la rive d'un cours d'eau est plus complexe. Habituellement, ce type de puits est construit avec du béton, un tuyau d'acier ou des douves en bois (figures 14, 15 et 16). Les prises d'eau permettent de relier le puits de mesure à la masse d'eau extérieure. La structure du puits est entourée de terre. On enterre les prises d'eau en laissant dépasser une partie de celles-ci dans la masse d'eau. Le puits de mesure doit être assez grand pour permettre à un technicien d'y entrer, de réparer les prises d'eau et d'enlever les dépôts vaseux se trouvant au fond de celui-ci. Les figures 14, 15, 16, 17 et 18 illustrent divers types de puits de mesure.



Figure 14. Puits de mesure en béton installé sur la rive



Figure 15. Puits de mesure en métal installé sur la rive



Figure 16. Puits de mesure en douves de bois installé sur la rive

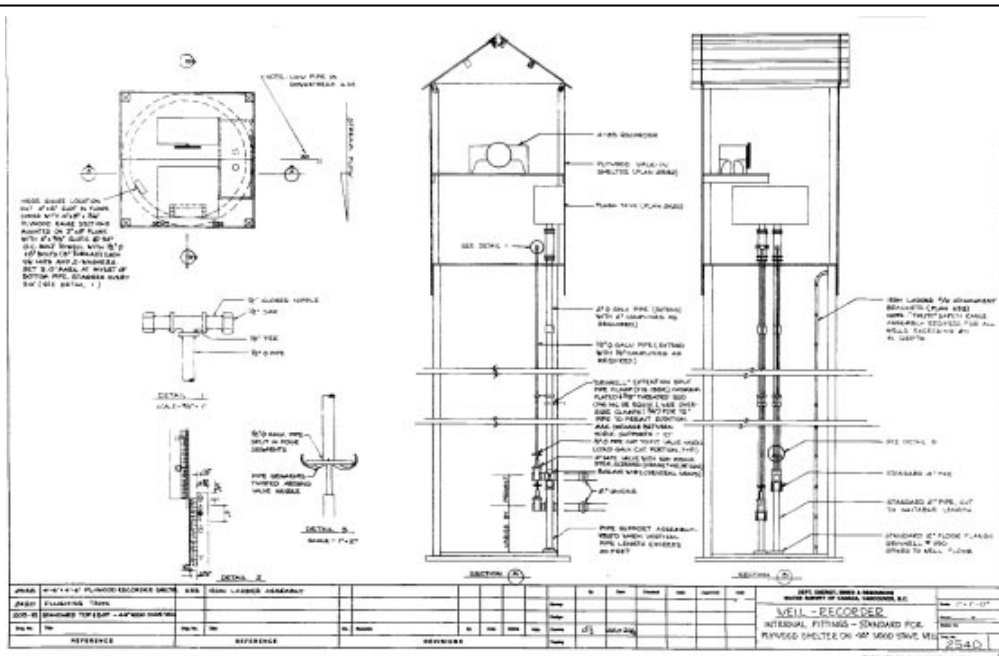


Figure 17. Schéma des prises d'eau et du dispositif de chasse d'eau d'un puits de mesure type



Figure 18. Crépine pour prises d'eau (USGS Water Supply Paper. 2175, page 50)

4.3 PRISES D'EAU

4.3.1 Fonctionnement général

Les prises d'eau permettent le transfert de l'eau depuis la masse d'eau jusqu'au puits de mesure, et vice versa. Selon le type de puits de mesure utilisé, les prises peuvent consister en une série de trous ménagés dans la paroi du puits, en un simple trou dans le fond du puits ou en des tuyaux de raccordement.

Les prises d'eau doivent, d'une part, être assez larges pour que le niveau de l'eau à l'intérieur du puits puisse être égal en tout temps à celui de la masse d'eau extérieure. D'autre part, les prises d'eau doivent fournir un resserrement adéquat pour amortir les oscillations indésirables. Afin d'éviter l'envasement des prises d'eau, celles-ci doivent être placées à au moins 0,2 mètre en dessous du plus bas niveau d'eau prévu et à moins de 0,15 mètre au-dessus du fond du puits.

Les prises d'eau doivent être installées à l'horizontale et de niveau, en dessous de la profondeur de gel. Les extrémités ouvertes des prises d'eau doivent s'avancer dans la masse d'eau extérieure jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de risques d'obstruction. D'ordinaire, on a recours à deux prises d'eau ou plus que l'on dispose de façon à suivre la variation du niveau de l'eau. Durant les périodes de crue, des dépôts de vase peuvent obstruer la prise d'eau inférieure tandis que la prise d'eau supérieure continuera à fonctionner. La hauteur des prises d'eau est notée dans le carnet des données de terrain et sur la formule de description de la station.

Toutes les prises d'eau sont dotées d'un dispositif de chasse d'eau qui permet l'évacuation des dépôts de vase ou de tout autre type d'obstruction (voir la figure 17). Des robinets permettent de couper l'arrivée d'eau au puits. Un réservoir surélevé est relié à la prise d'eau par une conduite d'amenée. En déplaçant le robinet de la position « prise d'eau-puits » à la position « prise d'eau-chasse d'eau », l'eau du réservoir est canalisée vers la prise d'eau par laquelle elle s'échappera, entraînant avec elle tout dépôt. Les prises d'eau doivent permettre, sans qu'il n'y ait d'importants décalages, une variation du niveau d'eau du puits reflétant les crues et les décrues de la masse d'eau extérieure.

L'équation suivante peut être utilisée pour déterminer le décalage relatif à une prise d'eau pour une vitesse de variation du niveau de l'eau donnée.

$$\Delta h = \frac{0.01}{g} \frac{L}{D} \left(\frac{A_w}{A_p} \right)^2 \left(\frac{dh}{dt} \right)^2$$

où : Δh = le décalage (m)

g = l'accélération de la pesanteur (m/s^2)

L = la longueur de la prise d'eau (m)

D = le diamètre de la prise d'eau (m)

A_w = l'aire de la section transversale du puits de mesure (m^2)

A_p = l'aire de la section transversale du tuyau de prise d'eau (m^2)

$dh \div dt$ = le taux de variation du niveau de l'eau (m/s)

Vous trouverez à l'[annexe C](#) des données supplémentaires concernant la conception des puits de mesure et des prises d'eau.

4.3.2 Aspiration et fuites

Les prises d'eau utilisées pour que les niveaux de l'eau du cours d'eau et du puits de mesure soient égaux doivent être installées de niveau et à angle droit par rapport à la direction de l'écoulement. La direction de l'écoulement vis-à-vis de la prise de pression peut varier selon les niveaux d'eau du cours d'eau. Si tel est le cas, l'incidence de la vitesse d'écoulement de l'eau passant vis-à-vis de l'extrémité de la prise d'eau peut provoquer un phénomène d'aspiration ou de refoulement de l'eau à l'intérieur du puits de mesure. Le phénomène d'aspiration provoque une diminution du niveau de l'eau dans le puits par rapport à celui du cours d'eau; l'effet de refoulement produit un résultat contraire.

Dans le cas d'un puits de mesure, les phénomènes d'aspiration et de refoulement peuvent être atténués en fixant une crépine (voir la figure 18) à l'extrémité immergée de la prise d'eau. La crépine consiste en une courte section de tuyau perforée qui est attachée à un coude fixé à l'extrémité de la prise d'eau et pointée horizontalement vers l'aval. L'extrémité de la crépine est munie d'un bouchon. L'eau peut entrer et sortir de ce dispositif par les trous ménagés dans sa paroi.

Lorsque l'eau de ruissellement entre dans le puits de mesure ou lorsque l'eau s'échappe du puits de mesure ou y pénètre à travers les parois ou par le fond, l'efficacité de celui-ci diminue. Il faut alors corriger rapidement ces problèmes.

4.4 PLAN D'EXPLOITATION

L'exploitation adéquate d'un puits de mesure repose sur les conditions climatiques et sur les caractéristiques d'écoulement du cours d'eau. Lorsque vous travaillez dans ou au-dessus d'un puits de mesure, assurez-vous qu'il n'y ait aucun danger et prenez les mesures nécessaires pour assurer votre sécurité.

4.4.1 Saison des eaux libres

Au cours de chaque visite, on doit procéder à l'inspection du puits de mesure et des installations afin de déceler tout problème pouvant avoir une incidence sur la sécurité ou le fonctionnement de la station. Soyez attentif à des problèmes latents tels un plancher endommagé, une prise d'eau tordue ou rompue, des robinets ne fonctionnant pas et des échelles peu solides. Corrigez toute anomalie ou dressez une liste des réparations devant être effectuées immédiatement. Assurez-vous qu'il n'y ait aucun obstacle qui pourrait nuire au mouvement du flotteur, de la ligne du flotteur ou du poids de l'horloge. En outre, assurez-vous qu'il n'y ait pas de dépôts de vase au fond du puits en effectuant un sondage à l'aide d'un ruban lesté et en comparant la profondeur mesurée à la profondeur enregistrée au moment où le puits a été installé. Souvenez-vous que la prise d'eau intérieure ne doit être qu'à 0,15 m du fond du puits. Enlevez sans tarder les dépôts de vase excessifs en vous servant d'une pompe et d'un tuyau de refoulement pour mettre la vase accumulée en suspension et pour créer une charge d'eau à l'intérieur du puits. Vidangez l'eau accumulée par les prises d'eau afin d'évacuer la vase en suspension. Répéter cette opération jusqu'à ce que vous ne voyiez plus sortir d'eau brouillée par les prises d'eau.

Toutes les prises d'eau doivent faire l'objet d'un nettoyage par chasse d'eau immédiatement avant, pendant et immédiatement après la saison des hautes eaux. Pour le reste de la saison des eaux libres, nettoyez les prises d'eau au cours de chaque visite à la station ou lorsque c'est nécessaire. Il peut être nécessaire d'effectuer des chasses d'eau fréquentes aux endroits où l'envasement est un problème évident. Nettoyez à grande eau toutes les prises d'eau avant d'effectuer un jaugeage du débit. Assurez-vous que les robinets des prises d'eau sont en position ouverte après avoir effectué une chasse d'eau et avant que vous ne quittiez la station. Assurez-vous que le flotteur, les lignes du flotteur et la ligne du poids de l'horloge ne soient pas enchevêtrés et qu'il n'y ait pas d'obstacles pouvant gêner leur mouvement. Assurez-vous aussi que le ruban ou le fil du flotteur soit bien engagé dans la gorge de la poulie du flotteur.

4.4.2 Gel, cylindres d'huile et sous-planchers

Le gel et le fonctionnement par temps froid constituent des problèmes qui touchent les puits de mesure. Si les prises d'eau sont en dessous de la profondeur de gel et que l'extrémité de la prise de pression la plus basse n'est pas emprisonnée dans les glaces, le puits de mesure peut continuer à fonctionner. On peut éviter ou limiter la formation de glace à l'intérieur du puits de mesure à l'aide d'un sous-plancher isolé, de dispositifs de chauffage ou d'un cylindre d'huile.

Les puits de mesure en métal entièrement exposés présentent les problèmes les plus importants. Lorsque le mercure descend sous le point de congélation, la paroi intérieure du puits se recouvre rapidement de glace, ce qui diminue le diamètre du puits, emprisonnant par le fait même le flotteur. Un gel plus accentué se traduira par l'apparition d'un bouchon de glace à l'intérieur du puits. Des températures plus clémentes pourront libérer le bouchon de glace, mais si le flotteur est emprisonné à l'intérieur de ce dernier, les enregistrements des variations du niveau de l'eau seront erronés. Pour s'assurer d'un enregistrement précis, le technicien doit libérer le flotteur et enlever la glace du puits.

Le limnigraphe peut subir des dommages importants si le flotteur et le contrepoids sont emprisonnés dans un bouchon de glace. Si le niveau de l'eau baisse sous le bouchon de glace, le poids de ce dernier exercera une forte contrainte sur l'arbre de la poulie du flotteur ainsi que sur le fil du flotteur.

Les puits de mesure installés sur la rive sont habituellement entourés d'un remblai de terre, ce qui leur assure une certaine isolation. Cependant, des bouchons de glace peuvent quand même se former à l'intérieur du puits si l'air froid pénètre à l'intérieur de celui-ci. Un sous-plancher peut suffire à arrêter la formation de glace pourvu que la surface de l'eau ne dépasse pas le sous-plancher.

Un sous-plancher isolé est installé à l'intérieur du puits de mesure en dessous de la profondeur de gel du terrain environnant. L'air froid pénétrant dans le puits est en partie confiné dans l'espace situé au-dessus du sous-plancher, tandis que l'air chaud du dessous ne peut s'échapper librement. L'air chaud en question retarde la formation de glace à l'intérieur du puits. Des trous percés dans le sous-plancher permettent le passage du flotteur et du contrepoids.

Les cylindres d'huile (voir la figure 19) se sont révélés assez efficaces pour empêcher la formation de glace, tant dans un puits de mesure en métal du type exposé que dans un puits installé sur la rive. Le cylindre d'huile est composé d'un tuyau d'un diamètre habituel de 25 cm dont les extrémités sont ouvertes et qui est maintenu à la verticale à l'intérieur du puits de mesure. L'extrémité inférieure du cylindre est située légèrement au-dessus du fond du puits tandis que son extrémité supérieure est, soit à la hauteur du dessus du puits, soit à une hauteur dépassant la possibilité d'élévation maximum du niveau de l'eau pendant l'hiver. À des stations données, il est plus commode d'installer les cylindres en permanence dans le puits de mesure. Dans ce cas, l'extrémité supérieure du cylindre doit être située à une hauteur dépassant la possibilité d'élévation du niveau de l'eau pendant l'année.

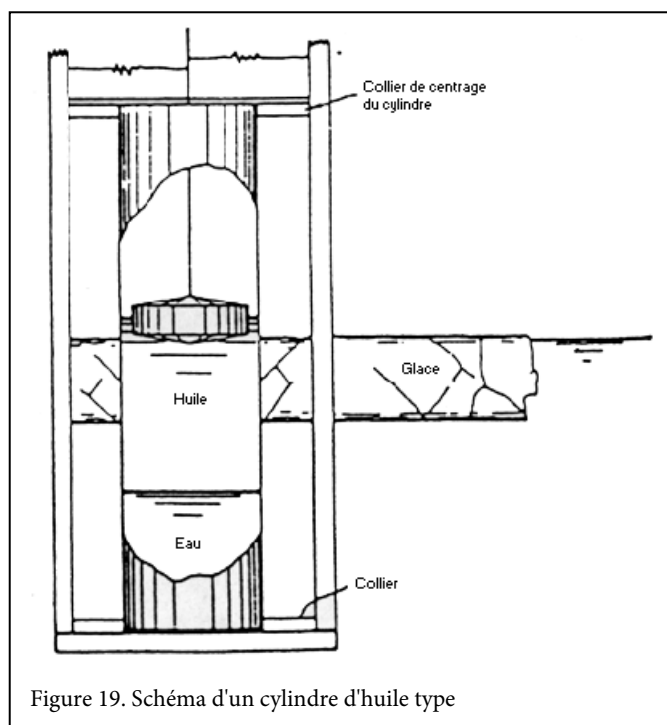


Figure 19. Schéma d'un cylindre d'huile type

Pour fabriquer un tel dispositif, on verse dans le cylindre une huile non toxique. La colonne d'huile ainsi formée au-dessus de l'eau abaisse la surface de l'eau à l'intérieur du cylindre à un point inférieur au niveau d'eau du puits de mesure. On place ensuite le flotteur du limnigraphe dans le cylindre où il réagira à la variation du niveau d'huile. Étant donné que le niveau d'huile se maintient plus haut que le niveau d'eau réel, on doit apporter une correction à l'enregistrement. Le degré de correction sera proportionnel à la quantité d'huile ajoutée et à son poids spécifique. L'annexe D contient des renseignements relatifs à cette correction.

Nous recommandons l'huile « Esso Bayol 35 » dont le poids spécifique est de 0,815. Il s'agit d'une huile insipide, incolore et inodore qui est utilisée dans le domaine de la transformation alimentaire. Veillez à ce que l'huile reste bien dans le cylindre car elle pourrait provoquer la croissance de bactéries à la surface de l'eau du puits. Le kérosène et les autres huiles à base d'hydrocarbures ne doivent pas être utilisées pour des raisons écologiques.

Cessez l'utilisation du cylindre d'huile au moment de la débâcle printanière. Si le cylindre ne constitue pas une installation permanente, l'huile et le cylindre doivent être enlevés du puits de mesure avant que la crue des eaux ne force l'huile à déborder du cylindre.

Si l'électricité est disponible, on peut utiliser le courant électrique (lampes chauffantes, radiateurs) pour éviter la formation de glace dans le puits de mesure. Dans le cas d'un puits entouré de terre, le chauffage de l'abri isolé peut être suffisant. Les rubans chauffants installés à l'intérieur du puits, les thermoplongeurs et les lampes chauffantes sont d'autres moyens efficaces. Toutes les installations électriques doivent satisfaire aux exigences des codes locaux relatifs aux installations électriques.

Au cours de la construction du puits, on peut même enrouler des rubans chauffants autour des prises d'eau. Des lampes chauffantes suspendues dans le puits de mesure sont pratiques, mais il peut être difficile de les placer par rapport au niveau de l'eau. L'injection d'air chaud à l'aide d'un tube finement perforé installé à l'intérieur du puits est une autre méthode utilisée. Il existe de nombreuses façons de limiter la formation de glace à l'intérieur du puits de mesure en se servant du courant électrique. Cependant, elles ne sont efficaces que lorsqu'il n'y a pas de panne. Le technicien doit effectuer des visites fréquentes afin de s'assurer que le puits de mesure n'a pas gelé au cours d'une panne de courant.

Soyez très prudent ! la combinaison électricité, eau et homme présente de grands dangers.

N'utilisez jamais de gaz propane à l'intérieur d'un puits de mesure. Cette pratique est extrêmement dangereuse. Étant donné que le gaz propane est plus lourd que l'air, toute fuite de gaz peut se diriger vers le puits et s'accumuler au fond de ce dernier sans que l'on puisse détecter le gaz. Une telle situation crée un important risque d'explosion.

4.4.3 Débâcle printanière

Avant la débâcle printanière, on doit enlever les installations de fonctionnement hivernal et la glace restant dans les puits de mesure. Vous pouvez avoir besoin d'un générateur de vapeur pour enlever la glace se trouvant dans les prises d'eau et dans le puits. Assurez-vous que la structure du puits n'a pas été endommagée pendant la saison hivernale. Portez une attention particulière à tout soulèvement provoqué par la gelée. S'il semble évident que le puits a été soulevé par la gelée, prêtez une attention particulière aux prises d'eau car elles peuvent avoir été endommagées à la hauteur du raccordement au puits. Procédez à l'inspection des extrémités des prises d'eau en contact avec la masse d'eau et enlevez toute glace s'y étant attachée. Enlevez les dépôts de vase accumulés au fond du puits de mesure. Souvenez-vous qu'au cours des prochains mois, l'eau transportera la majeure partie des dépôts de vase s'accumulant annuellement dans un puits. Nettoyez toutes les prises d'eau en effectuant une chasse d'eau et assurez-vous qu'elles sont exemptes de toute obstruction. Pendant que vous procédez à une chasse d'eau, observez l'eau s'échappant des prises d'eau supérieures. Enfin, assurez-vous que les robinets des prises d'eau sont ouverts avant de quitter la station.

En général, il est essentiel que les puits de mesure et les prises d'eau soient en bon état de marche si le puits en question doit fournir des relevés précis tout au long de la saison de la fonte des neiges printanière à venir. L'application de mesures correctives pour des problèmes latents est beaucoup plus difficile au printemps alors que le puits est rempli et que les prises d'eau sont complètement immergées. Sous de telles conditions, il peut être impossible d'effectuer des réparations ou des travaux d'entretien.

4.4.4 Fonte des neiges printanière

Assurez-vous que le flotteur et les lignes de suspension peuvent se déplacer librement, sans qu'il n'y ait de risques d'obstruction. Si l'eau à la surface du puits est trop turbulente, fermez le robinet de l'une des prises d'eau supérieures et regardez si la situation s'est améliorée. Ouvrez lentement le robinet jusqu'à ce que vous obteniez un degré de perturbation acceptable. Quand le niveau de l'eau dépasse la hauteur des trous d'aération situés en haut du puits, bloquez ces derniers afin d'éliminer toute turbulence supplémentaire. Prenez note de ces dispositions dans le carnet ou sur le relevé de la station.

Si vous prévoyez que le niveau de l'eau dans le puits peut dépasser la limite supérieure de la course du flotteur, percez un trou dans le plancher afin de permettre le passage du flotteur. Une telle mesure permettra l'augmentation de la course du flotteur qui se traduira par un enregistrement de données supplémentaires. Remontez à la main le flotteur par le trou pratiqué dans le plancher jusqu'à la limite supérieure de sa course. Vérifiez si le contrepoids touche le fond du puits. Si c'est le cas, raccourcissez la ligne du flotteur de façon à corriger la situation. Veillez à ce que le plancher soit exempt de matériel pouvant flotter afin d'éviter qu'il n'aille faire obstacle à la ligne du flotteur ou qu'il n'aille boucher le trou permettant le passage du flotteur quand le niveau de l'eau reviendra à la normale.

Vérifiez s'il ne s'est pas produit un affaissement sur les rives du cours d'eau ou s'il y a des traces d'érosion excessive. Si le puits de mesure est menacé, prenez les dispositions nécessaires pour que des mesures correctives d'urgence soient prises. Jusqu'à ce que la situation puisse être rétablie, on doit attacher le puits de mesure avec un câble solide que l'on peut relier à des arbres ou à d'autres objets stables situés sur la rive. Une telle mesure évitera que le puits s'incline ou qu'il soit perdu.

5.0 ABRIS

5.1 INTRODUCTION

Un abri adapté à la situation constitue une caractéristique importante de toute station de jaugeage. Comme il existe d'importantes variations sur le plan climatique et sur le plan conditions de fonctionnement, il est difficile de décrire l'abri type. En général, on désigne les abris comme étant du type avec accès, sans accès et avec occupation. Ils sont conçus pour protéger les éléments gardés à l'intérieur d'un puits de mesure contre les intempéries et les autres facteurs qui pourraient les endommager. Les abris sont construits en métal, en bois, en béton ou en plastique armé. Certaines stations peuvent nécessiter l'emploi d'une conception et de matériaux de construction particuliers afin d'harmoniser l'abri avec l'environnement immédiat.

Une inscription indiquant le type de structure, l'objet et le rôle du puits dans le cadre du programme national de *Relevés hydrologiques du Canada* (figure 20) est fixée sur la face extérieure de la porte verrouillée de l'abri. Les abris de type surélevé doivent être munis de passerelles ou d'escaliers sûrs permettant d'atteindre la porte d'entrée. Dans certains cas particuliers, les abris doivent être recouverts d'acier ou de bois massif. Il peut aussi être nécessaire de les encercler d'une clôture afin de leur assurer une protection accrue contre les vandales ou les animaux rôdeurs (figure 21).

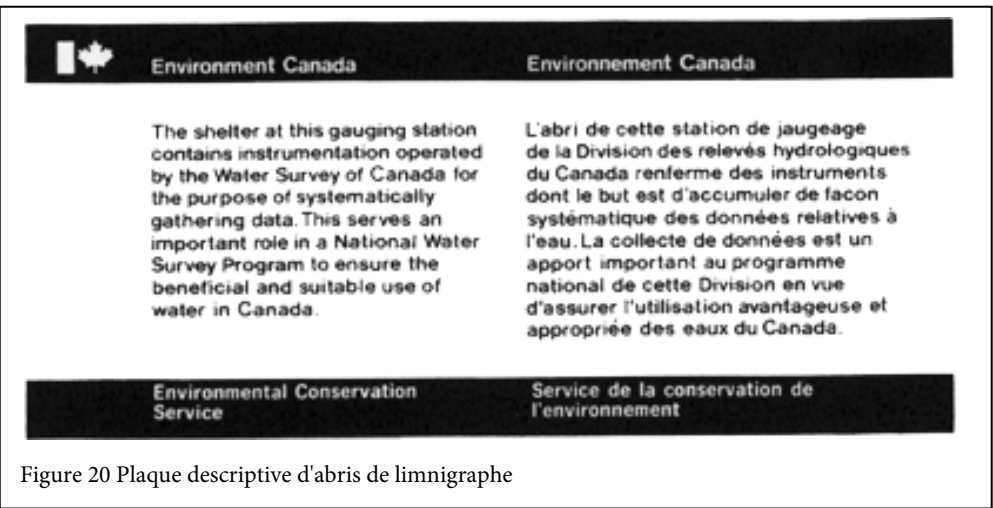


Figure 20 Plaque descriptive d'abris de limnigraphe

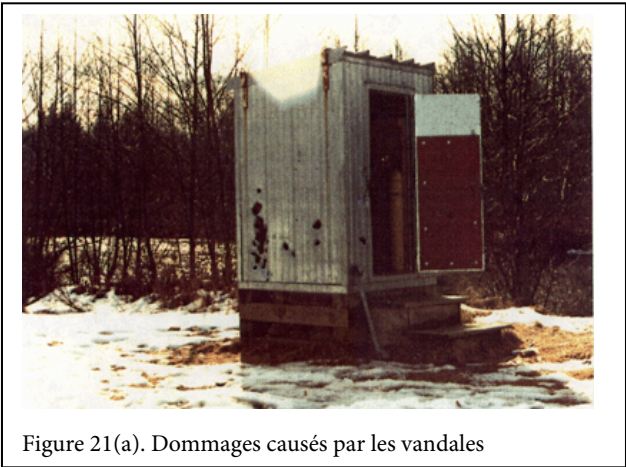


Figure 21(a). Dommages causés par les vandales



Figure 21(b). Dommages causés par les vandales

Les abris isolés présentent un certain attrait car ils facilitent la régulation de la chaleur et de la condensation. On recommande l'utilisation d'un isolant hydrofuge sans formaldéhyde : un abri bien isolé empêchera les insectes nuisibles d'entrer. En outre, de tels abris peuvent être chauffés en hiver.

Aux stations où c'est possible, on peut envisager utiliser un abri chauffé pendant l'hiver. Le type de source d'énergie utilisé pour le chauffage de l'abri sera déterminé selon sa disponibilité, sa sécurité de fonctionnement et son prix. Le mode de chauffage est aussi fonction de l'endroit où est située la station. Il est à noter qu'une méthode efficace à un endroit peut être complètement inefficace à un autre. Avant de choisir une méthode, examinez celles qui sont utilisées avec succès dans la région.

Si un puits de mesure est chauffé, l'abri doit aussi être chauffé, sinon, un surplus de givre s'accumulera à l'intérieur de l'abri et sur les appareils qu'il contient. Il va sans dire qu'un abri chauffé en hiver améliore le rendement du limnigraphe.

5.2 TYPES D'ABRIS

Les abris avec accès (figures 22, 23 et 24) sont ceux dont l'utilisation est la plus commode. Ils mesurent environ 1,6 m sur 1,6 m et leur plafond est approximativement à 2,2 m du sol. Ils sont en outre dotés d'une porte d'entrée de type standard. Une partie de leur plancher peut être enlevée afin de permettre l'accès au puits de mesure.



Figure 22. Abri avec accès – en béton



Figure 23. Abri avec accès – en bois



Figure 24. Abri avec accès - en métal

Les abris avec occupation (figure 26) sont de grands abris avec accès installés aux endroits éloignés. Ils offrent assez d'espace pour que le personnel puisse y passer la nuit en cas de besoin.



Figure 25. Abri sans accès type



Figure 26. Abri avec occupation type



Figure 27: Typical personnel shelter



Figure 28: Prefabricated insulated personnel shelter

Abris pour le personnel (figures 27 et 28) : à certains endroits, la station est dotée d'installations permettant l'hébergement du personnel pour une période d'une journée ou plus. La dimension, la conception et le contenu de tels abris peut varier selon l'endroit et les circonstances. D'ordinaire, ils constituent une installation distincte de l'abri du limnigraphe.

5.2.1 Abris avec accès

Les abris avec accès sont solidement installés par-dessus les puits de mesure de façon que le plancher de l'abri constitue un plafond solide pour le puits de mesure. L'abri doit être assez solide pour résister aux intempéries, aux vandales ou aux animaux. En outre, il doit être étanche. À l'intérieur de l'abri, une tablette solide et de niveau est installée à environ 1,0 m au-dessus du puits de mesure afin d'y déposer le limnigraphe. En plaçant le limnigraphe à cette hauteur, il est possible d'avoir accès au puits sans nuire au mouvement du flotteur et du fil du flotteur. Des trous sont perforés à travers l'établi et le plancher afin de permettre le passage du fil du flotteur. Une trappe est ménagée dans le plancher de l'abri pour que l'on puisse atteindre facilement et en toute sécurité l'échelle située à l'intérieur du puits de mesure. D'ordinaire, le réservoir de chasse d'eau, les tuyaux de raccordement au réservoir et les tiges de commande des robinets des prises d'eau sont situés au-dessus du plancher, du côté opposé à la tablette du limnigraphe. Il est important que la ventilation de l'abri soit adéquate.

5.2.2 Abris sans accès

Les abris sans accès (figure 25) sont installés sur le dessus des puits de petits diamètres. Ils mesurent environ 0,8 sur 0,8 sur 0,6 mètre. Ils sont dotés d'un panneau avant et d'un couvercle à charnières. Le couvercle est incliné afin d'éliminer les accumulations de pluie et de neige. Le limnigraphe est protégé même lorsque celui-ci est ouvert. Afin d'éviter toute blessure, les techniciens doivent fixer le couvercle avant de procéder à l'entretien du limnigraphe.

On rencontre des abris sans accès de formes et de dimensions variées. Ils protègent de façon efficace le limnigraphe et ils scellent parfaitement l'ouverture supérieure du puits de mesure. Leur base, fixée solidement à la hauteur de l'extrémité supérieure du puits, est dotée d'une section amovible qui permet aux techniciens d'inspecter l'intérieur du puits. Le limnigraphe est installé sur la base dans laquelle on a ménagé des trous afin de permettre le passage des lignes du flotteur et de l'horloge. Le couvercle protecteur est muni de charnières pour permettre l'accès au limnigraphe. On doit disposer d'une plate-forme d'accès extérieure sûre et bien conçue pour pouvoir procéder à une inspection adéquate de l'installation. Étant donné que les abris sans accès sont souvent situés près des zones de circulation, on doit prendre des précautions supplémentaires afin d'en assurer l'accès et d'éliminer tous risques de détérioration.

5.2.3 *Abris avec occupation*

Les abris avec occupation (figures 26, 27 et 28) fournissent, en plus de tous les avantages d'un abri avec accès, une pièce permettant l'hébergement pour une nuit. L'emplacement et les conditions climatiques locales servent à déterminer s'il est pertinent d'installer des abris pour le personnel. Gardez les abris avec occupation propres et veillez à ce qu'ils soient pourvus de provisions fraîches pouvant être utilisées en cas d'urgence.

6.0 ÉCHELLES DE CONTRÔLE ET ÉCHELLES AUXILIAIRES

6.1 INTRODUCTION

Le limnigraphe à flotteur produit, pour une période donnée, une courbe continue des variations du niveau de l'eau à l'intérieur du puits de mesure. Pour connaître les valeurs représentées sur la courbe, vous devez établir le rapport entre la courbe et la hauteur d'eau réelle (hauteur de la surface de l'eau au-dessus de la cote du zéro de l'échelle). Pour y parvenir, établissez un lien précis entre une marque d'identification sur la courbe du graphique et les lectures correspondantes observées sur l'échelle de contrôle et sur l'échelle auxiliaire.

6.2 ÉCHELLE DE CONTRÔLE

L'échelle de contrôle est le limnimètre installé à l'intérieur du puits de mesure (échelle intérieure). On se sert de cette échelle pour étalonner le limnigraphe.

La valeur des lectures de la courbe du graphique et de l'échelle de contrôle est évaluée en comparant ces lectures avec celles observées au même moment sur l'échelle auxiliaire située à l'extérieur (échelle extérieure). Des comparaisons entre les lectures simultanées des échelles intérieure et extérieure servent à s'assurer de la sensibilité du puits de mesure aux variations du niveau de la masse d'eau extérieure.

On doit procéder à la lecture d'une échelle limnimétrique intérieure distincte à toutes les installations dotées d'un limnigraphe à flotteur. On utilise fréquemment une sonde limnimétrique électrique dans le cas des puits de petit diamètre (figure 29). Pour les puits de grand diamètre, on a recours à une échelle limnimétrique attachée à l'intérieur de celui-ci (figure 30).

Une flèche indicatrice réglable et permanente peut être installée aux endroits où on utilise un ruban de flotteur gradué en unités métriques (figure 31). Le ruban et la flèche indicatrice peuvent être réglés de façon à fournir une lecture directe de la hauteur du flotteur. N'utilisez pas ces lectures à titre de lecture de l'échelle intérieure. Elles peuvent être faussées par un mauvais fonctionnement du flotteur et par tous les phénomènes décrits à la section 3.4.2.



Figure 29. Sonde
limnimétrique électrique

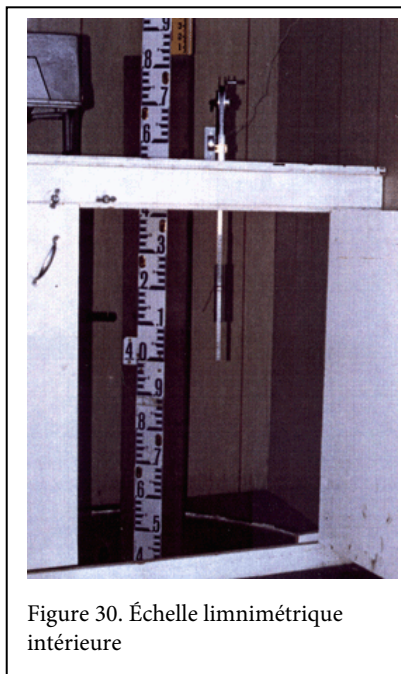


Figure 30. Échelle limnimétrique
intérieure

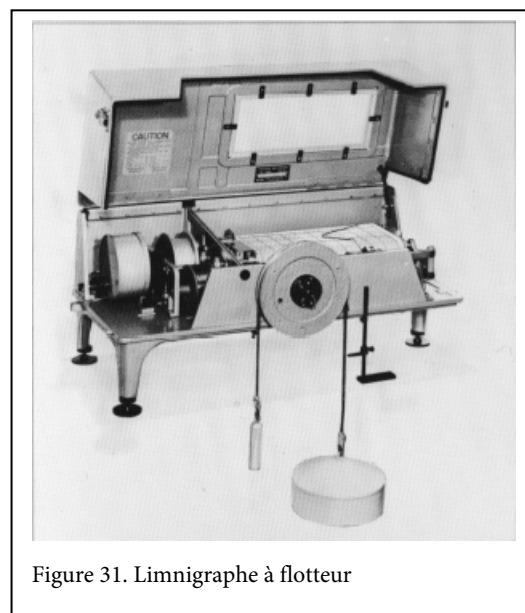


Figure 31. Limnigraphe à flotteur

6.3 ÉCHELLE AUXILIAIRE

L'échelle auxiliaire est un limnimètre qui permet des lectures du niveau de la masse d'eau extérieure (échelle extérieure). On rencontre très souvent des stations hydrométriques dotées de plus d'une échelle auxiliaire. Si c'est le cas, il faut désigner de façon distincte chaque échelle. Les échelles auxiliaires doivent être situées de façon que, au moment où on compare leur lecture avec celle de l'échelle de contrôle, seule l'incidence du puits de mesure puisse constituer une source de variation.

En cas de bris de l'installation hydrométrique, un observateur local peut effectuer, au besoin, les relevés du niveau de l'eau en se servant de l'échelle auxiliaire.

S'il se produit une montée rapide des eaux, il est important de s'assurer que le niveau de l'eau dans le puits de mesure et la courbe du graphique correspondent aux lectures de l'échelle extérieure. On peut effectuer cette opération en observant la mesure de niveau indiquée sur l'échelle à maximums ou en repérant et en évaluant la valeur d'une marque laissée par la crue des eaux. Si la jauge auxiliaire est détruite ou si elle ne fonctionne plus, établissez immédiatement des repères correspondant au niveau d'eau actuel et déterminez-en la valeur.

L'échelle extérieure est l'instrument qui assure une lecture réelle du niveau de la masse d'eau extérieure. Il s'agit de la lecture la plus importante dans le cas d'une station dotée d'un limnigraphie à flotteur. Elle permet de déterminer toute divergence entre le niveau de l'eau réel et le niveau de l'eau à l'intérieur du puits de mesure.

Dans la plupart des cas, une lecture simultanée de l'échelle extérieure et de l'échelle intérieure présentera un léger écart. Une telle situation s'explique par l'incidence du mouvement de la surface de l'eau sur l'échelle intérieure. Si tel est le cas, on estime que la lecture de l'échelle intérieure est celle qui est la plus précise.

Si vous observez une divergence démesurée entre les lectures des échelles intérieure et extérieure, trouvez le problème et corrigez-le. Dans tous les cas, vous devez inscrire sur le papier d'enregistrement les lectures observées, le problème en question et les mesures correctives ayant été prises. À toutes les fois que vous doutez de la précision de la lecture d'une échelle, procédez à un levé typographique afin de déterminer le niveau de l'eau précis inscrit sur le papier d'enregistrement.

Le cours n° 4 intitulé « Mesure du niveau de l'eau » décrit de façon exhaustive les échelles extérieures utilisées couramment, comme par exemple les limnimètres à fils lestés, les pointes limnimétriques recourbées, le limnimètre à potence, les échelles limnimétriques et les repères de nivellement submergés.

7.0 INSTALLATION, ENTRETIEN ET RÉPARATION DES LIMNIGRAPHES

Les sections ci-après présentent les étapes à suivre pour l'installation et l'exploitation d'un limnigraphe.

7.1 INSTALLATION

Voici les étapes à suivre pour procéder à l'installation d'un limnigraphe de type A :

1. Déballez l'instrument, puis coupez toutes les ficelles et enlevez tous les matériaux de rembourrage. Le flotteur, la poulie, les fils de flotteur, l'encre et l'huile sont dans des emballages distincts.
2. Percer des trous dans la tablette sur laquelle doit reposer le limnigraphe et dans le plancher de l'abri pour y passer le fil du flotteur et au besoin, le fil du poids de l'horloge. Le fabricant du limnigraphe fournit un gabarit de localisation des trous.
3. Disposer le limnigraphe sur la tablette, le mettre de niveau à l'aide des pattes réglables et le fixer sur la tablette avec des vis. On peut utiliser un gabarit ou en fabriquer un pour déterminer l'emplacement des trous sur la tablette.
4. Pour installer la poulie, il faut enlever l'écrou hexagonal situé en avant du support de la poulie, dévisser la bride de fixation et enlever la rondelle. Placer la poulie (ou la roue dentée si on utilise un capteur de pression pour actionner l'enregistreur) sur l'arbre de sorte que le côté plat soit orienté vers l'enregistreur. Ensuite, replacer la rondelle, serrer la bride de fixation et serrer fermement l'écrou hexagonal.
5. Faire passer le fil perlé dans les trous de la tablette et du plancher et attacher le crochet au flotteur. D'ordinaire, le flotteur se trouve du côté gauche du support de la poulie. Il serait utile d'inscrire près des trous de la tablette les mots « flotteur » et « contrepoids ». Si l'on utilise un fil perlé comme ligne de flotteur, l'une des perles devrait être placée de façon à s'appuyer sur le collier du crochet situé à l'extrémité du fil afin d'éliminer toute possibilité de glissement. Il faut prendre garde de ne pas entortiller ou nouer le fil perlé ou le ruban.
6. Pour déterminer la longueur adéquate de la ligne, attacher le contrepoids à celle-ci et descendre celui-ci au fond du puits. Placer ensuite la ligne dans la gorge de la poulie et attacher le flotteur à la ligne au point où sa course est au maximum. Il faut s'assurer que le contrepoids ne rencontre pas d'obstacles jusqu'au point le plus bas pouvant être atteint par le niveau de l'eau. Le flotteur et le contrepoids doivent pouvoir se déplacer sans heurter un obstacle quelconque dans le puits. Il peut être nécessaire d'installer des poulies-guides pour obtenir ce résultat. On doit par exemple utiliser des poulies-guides avec un limnigraphe dont le rapport est de 1:5 et dont le flotteur a un diamètre de 250 mm (10 po).
7. Remplir avec précaution le réservoir du style à l'aide du compte-gouttes qui est fourni. On ne doit pas le remplir complètement parce que l'encre se dilate quand la température s'élève. Les glissières du porte-style peuvent devenir collantes si on y répand de l'encre. On doit aussi veiller à ne pas renverser d'encre sur le chariot : le mécanisme de retournement ou les roues libres sur lesquelles repose le chariot pourraient s'encrasser. Si le style ne laisse pas de trace immédiatement, couvrir le petit trou d'aération avec un doigt et, avec un autre doigt, pomper l'encre dans l'orifice de remplissage. Si cette mesure se révèle inefficace, souffler légèrement dans l'orifice de remplissage jusqu'à ce qu'une petite goutte d'encre apparaisse à la pointe du style. On peut nettoyer le trou du style à l'aide d'un fil fin fourni à cet effet.
8. Pour s'assurer du bon fonctionnement du mécanisme de retournement du style, faire tourner la poulie du flotteur. À l'aide de l'écrou moleté situé sur le porte-style, régler la position du style de sorte que les points de retournement du mouvement se trouvent au bord du papier d'enregistrement. Procéder ensuite à la

lecture de l'échelle intérieure. Régler le style de façon qu'il soit en commande directe. Une telle mesure permettra au style de se déplacer latéralement sur le papier d'enregistrement selon un angle perpendiculaire au sens de défilement de celui-ci. Il en résultera une réaction précise du style à la suite d'une élévation du niveau de l'eau à l'intérieur du puits. Une fois le style réglé correctement, resserrer la poulie du flotteur sur l'arbre en tournant simultanément en sens opposé les deux écrous moletés situés sur la bride. Il est utile d'écrire sur la table d'écriture les relevés de l'échelle au bord droit et gauche du papier et de régler la marge gauche du papier à une cote ronde en mètres. Ces lectures changeront lorsqu'on réglera de nouveau le style.

9. Dans le cas des limnigraphes actionnés par poids, guider le fil du poids sur le tambour de façon que les spires ne se chevauchent pas. Remonter le poids jusqu'au plancher de l'abri de sorte que le ressort de suspension ne s'accroche pas au bord du trou percé dans le plancher. Déposer l'horloge et dérouler assez de câble pour qu'il puisse passer à travers le trou du plancher. Réinstaller l'horloge avec soin en vous assurant que le rebord large de l'écrou de retenue situé à l'arrière de l'horloge enclenche le levier de verrouillage.
10. Pour faire démarrer l'horloge du limnigraphe, enlever le couvercle anti-poussière recouvrant celui-ci et visser la clé dans l'extrémité de l'arbre du remontoir. S'il s'agit d'une horloge à poids, tourner la clé dans le sens horaire; pour les horloges à ressort, tourner la clé dans le sens anti-horaire.

Dans le cas des horloges à ressort, vous devez pousser la clé vers l'intérieur pour engager le remontoir et le ressort doit être enroulé jusqu'à ce que le signal de fin de remontage apparaisse. Si le ressort est trop tendu, il risque de se bloquer. Après avoir remonté une horloge à ressort, s'assurer que le cliquet n'enclenche plus le rochet. L'arbre du remontoir doit être poussé vers l'extérieur par un ressort de sorte que le cliquet repose sur la deuxième roue du rochet qui ne comporte pas d'encoches. S'assurer que l'engrenage du remontoir est désengagé en regardant par l'avant de l'enregistreur. Ne jamais essayer de remonter le ressort quand l'horloge a été enlevée. Pour mettre l'horloge en marche, il suffit de la brancher à une prise de 115 V, 60 Hz.

11. Pour régler l'horloge à l'heure, relâcher la tension du cylindre d'enroulement du papier en tirant vers l'extérieur le disque moleté situé à la droite de l'enregistreur et en le tournant. Pour récupérer le jeu dans la bande de papier, faire défiler le papier jusqu'à ce que vous atteigniez presque la marque correspondant à l'heure désirée. Repousser ensuite le disque moleté à sa position normale. On peut maintenant faire défiler le papier jusqu'à l'heure voulue.
12. Faire tourner la poulie du flotteur de façon à produire une trace identifiable d'environ 10 mm. Tracer ensuite une ligne allant de la trace du style jusqu'à un point situé sur la petite table d'écriture en métal qui supporte le papier d'enregistrement. Noter sur le papier d'enregistrement les renseignements appropriés comme l'indique la section 8.2.4 (papier d'enregistrement).

7.2 ENTRETIEN

À chaque visite de la station de jaugeage, on doit procéder à l'entretien du limnigraphe et, à toutes les 4 à 6 semaines, on doit remplacer le papier d'enregistrement. Aussitôt que vous arrivez à la station, il faut procéder à l'entretien du limnigraphe puis en faire l'inspection avant de quitter la station afin de s'assurer que l'appareil fonctionne bien et qu'aucune erreur n'a été commise. Voici les étapes relatives à l'entretien d'un limnigraphe :

1. Procéder à un examen visuel du limnigraphe pour s'assurer qu'il fonctionne bien ou qu'il n'a pas été endommagé. Si l'horloge du limnigraphe est arrêtée, faire défiler le papier d'enregistrement avant de faire quoi que ce soit. La ligne verticale à l'extrémité de la courbe indiquera la variation de l'eau survenue pendant la panne.

2. Relever les lectures du limnimètre et les inscrire sur le papier d'enregistrement conformément à l'étape n° 12 de la section précédente portant sur l'installation. Examiner le côté gauche du cylindre d'enroulement pour vous assurer que le papier n'a pas formé de cône. Ne pas régler le style de nouveau et ne pas avancer le papier à moins qu'il soit nécessaire de calculer les données à la main.
3. Nettoyer les prises d'eau en fermant le ou les robinets appropriés et en remplissant le réservoir de chasse d'eau avec l'eau du puits. Observer le changement du niveau d'eau dans le puits ainsi que le temps qu'il faut à ce dernier pour se remplir une fois les robinets ouverts. Si le niveau d'eau dans le puits est lent à se rétablir, il faudra effectuer d'autres chasses d'eau ou réparer la prise d'eau. Dans le cas des cours d'eau vaseux, on doit nettoyer les prises d'eau à chaque visite.
4. S'assurer du bon fonctionnement de tous les accessoires utilisés tels que l'indicateur de retournement, l'indicateur d'événements, le pluviomètre ou le thermographe.
5. Si le papier d'enregistrement doit être enlevé, détendre le cylindre d'enroulement. La tension appliquée sur le cylindre est réglée à l'aide du disque moleté situé à la droite de l'enregistreur. Tirer le disque et le faire tourner. Faire avancer le papier de façon qu'il y ait environ 100 mm de papier vierge entre la fin de l'enregistrement et le bord le plus rapproché de la table d'écriture. Couper le papier en avant de la table d'écriture en vous servant de la pointe d'un crayon ou d'un autre objet non tranchant. L'utilisation d'un objet tranchant tel un couteau pourrait provoquer l'égratignement de la table qui présenterait bientôt des signes de corrosion, empêchant ainsi le papier de glisser.
6. Dérouler maintenant le papier se trouvant sur le cylindre d'enroulement en laissant ce dernier sur son support. Il est avantageux d'utiliser cette méthode plutôt que celle consistant à tordre et à faire glisser le papier. On évite ainsi d'accrocher ce dernier sur le cylindre d'enroulement. En outre, le technicien peut examiner la courbe de graphique enregistrée depuis le dernier changement de papier. Il peut ainsi détecter les anomalies d'enregistrement provoquées par un collement du flotteur, par un mauvais fonctionnement du dispositif à contre-pression, etc. Avant de quitter la station, le technicien doit, au besoin, prendre des mesures pour corriger la situation.
7. Déterminer s'il reste assez de papier d'enregistrement pour permettre le fonctionnement du limnigraphe jusqu'à la prochaine visite de la station. On doit prévoir comme marge de sécurité une quantité de papier supplémentaire. Chaque petite division (2 mm) entre la ligne d'avertissement et le bord de la bande de papier indique un approvisionnement en papier d'un jour si l'appareil fonctionne à une vitesse de déroulement normale.
8. Si l'on doit installer un nouveau rouleau de papier d'enregistrement, déposer la table d'écriture et le cylindre d'alimentation. Enlever ensuite l'écrou à rondelle moleté situé à l'extrémité opposée au rebord d'appui et enlever le vieux rouleau de papier. Placer le nouveau rouleau de papier sur le cylindre d'alimentation en vous assurant que son extrémité est bien appuyée sur le rebord. Serrer ensuite l'écrou à rondelles de façon que le rouleau d'alimentation ne puisse glisser hors du cylindre, puis installer le cylindre d'alimentation sur ses paliers en plaçant le rebord d'appui à gauche. Une fois le rouleau d'alimentation mis en place, faire passer le papier d'enregistrement sur le rouleau d'entraînement en faisant un pli à angle droit à environ 20 mm de l'extrémité de la bande de papier. Faire passer le papier d'enregistrement sous le rouleau d'entraînement de façon qu'il s'achemine entre celui-ci et les rouleaux de friction.
9. En utilisant la bride à ressort, attacher l'extrémité de la bande de papier au cylindre d'enroulement, puis y enrouler quelques tours de papier. Maintenir le papier tendu pour s'assurer qu'il se déplace de façon rectiligne.

10. S'assurer du bon fonctionnement du mécanisme de retournement et de l'alignement correct des bords du papier d'enregistrement.
11. Si l'horloge a avancé ou a retardé de plus de deux heures par mois depuis le dernier changement de papier d'enregistrement, il faut la régler. Dévisser le couvercle et pousser l'indicateur vers F pour que l'horloge tourne plus vite ou vers S pour qu'elle ralentisse. Garder une note décrivant les réglages effectués dans l'abri du limnigraphe de sorte que l'on puisse détecter et corriger les anomalies de l'horloge.
12. Si, en arrivant à l'abri du limnigraphe, on constate que l'horloge ne fonctionne pas, il faut la remplacer. Veiller à ce que le cliquet des enregistreurs à ressort soit engagé avant d'enlever l'horloge. Il peut être nécessaire de remonter légèrement le ressort pour engager le dispositif d'entraînement de la nouvelle horloge. Pour ce faire, maintenir le dispositif d'entraînement de l'horloge près du mécanisme d'entraînement du limnigraphe et faire tourner le tambour d'enroulement du ressort avec précaution jusqu'à ce que les deux dispositifs soient engagés. Ne pas utiliser la clé. Pour remplacer une horloge à poids, enlever le poids de façon que, si le levier de verrouillage est dégagé accidentellement, le fil du poids de l'horloge ne puisse se dérouler. Ne pas oublier de raccrocher le poids. Enfin, s'assurer que l'horloge défectueuse sera examinée par un horloger.
13. À tous les ans, graisser l'enregistreur avec l'huile fournie à cet effet. Nettoyer le style à toutes les fois que c'est nécessaire en utilisant le fil fourni, puis le remplir. Si l'encre sèche dans le style, on peut se servir d'un nettoyeur liquide comme le Lysol pour nettoyer ce dernier. Il est à noter que certains solvants tels que l'alcool peuvent dissoudre le réservoir de plastique acrylique.
14. Faire le relevé des échelles intérieure et extérieure, régler le style de la façon appropriée et inscrire les renseignements nécessaires sur le papier d'enregistrement tel qu'il est indiqué à l'étape 12 de la section portant sur l'installation.
15. Avant de quitter l'abri, vérifier la position du cliquet des horloges à ressort, replacer le couvercle anti-poussière sur le trou de la clé et fermer le couvercle du limnigraphe.

7.3 RÉPARATION ET DÉPANNAGE

Le tableau 5 contient une liste des anomalies pouvant survenir lorsque l'on utilise un limnigraphe de type A. Il contient aussi la liste des mesures à prendre pour corriger ces anomalies.

Tableau 5. Grille de dépannage pour les limnigraphes de type A		
Symptômes	Causes possibles	Mesures à prendre
Le style ne fait pas de trace ou sautille	style encrassé	nettoyer le style à l'aide des fils
	réservoir d'encre à sec	remplir le réservoir
	la pointe du style ne repose pas correctement sur le papier d'enregistrement	le régler
	le réservoir en Lucite est retenu trop fermement dans le chariot porte-style	le régler

Partie du tracé rectiligne lorsque le niveau de l'eau est élevé	le flotteur est accroché au plancher	percer un trou dans le plancher pour que le flotteur puisse atteindre la tablette
	le contrepoids repose au fond du puits	réduire la longueur du fil du flotteur
	le fil perlé est accroché à la tablette ou au plancher	agrandir les trous
Partie du tracé rectiligne lorsque le niveau de l'eau est bas	la prise d'eau inférieure est obstruée ou gelée	effectuer une chasse d'eau ou dégeler la prise d'eau
	la prise d'eau inférieure n'est pas assez profonde	réinstaller la prise d'eau inférieure
	accumulation de vase dans le puits	enlever la vase
	le contrepoids est accroché au plancher ou à la tablette	allonger la ligne du flotteur
	le fil perlé du flotteur est accroché au plancher ou à la tablette	agrandir les trous
Tracé interrompu pendant que le niveau s'abaisse ou s'élève	le flotteur ou le contre poids sont accrochés à un obstacle ou le sont l'un à l'autre	vérifier le parcours du flotteur ou du contrepoids à tous les niveaux d'eau possibles
	une mince couche de glace s'est formée à la surface de l'eau dans le puits	vérifier le dispositif de chauffage
	le mécanisme de retournement s'enraye	vérifier s'il fonctionne librement et le nettoyer
	le fil perlé du flotteur est accroché à la tablette ou au plancher	agrandir les trous
	l'horloge s'est arrêtée puis a redémarré	vérifier ou remplacer l'horloge
Le niveau d'eau dans le puits est habituellement plus élevé que celui du cours d'eau	si le puits n'est pas étanche, il se peut que l'eau provienne de la nappe phréatique	ouvrir temporairement au maximum les robinets des prises d'eau; étancher le puits
Le niveau de l'eau du puits diffère de celui du cours d'eau (si les prises d'eau ne sont pas obstruées, on notera sur la plupart des enregistrements un « affolement du style »)	la poulie du flotteur est desserrée	resserrer la poulie
	le fil perlé ou le ruban du flotteur sont désengagés	le remettre en place; chercher la cause, vérifier si le trou du ruban est encrassé; etc.

	la prise d'eau est obstruée par un dépôt de sédiments	enlever les sédiments
Barbouillage, surtout quand le niveau de l'eau est élevé	les prises d'eau sont trop grandes	refermer légèrement les robinets des prises d'eau
	incidence de la vitesse d'écoulement sur la prise d'eau	installer des crépines à l'extrémité des prises d'eau
L'horloge du limnigraphe est arrêtée (si la panne n'a aucune cause apparente, remplacer l'horloge)	le ressort est trop tendu ou complètement détendu	enlever le cliquet, enrouler ou dérouler avec précaution le ressort selon le cas
	le ressort du poids d'entraînement est accroché au trou du plancher ou de la tablette, ou le poids est à la limite maximale de sa course	enlever le poids ou enrouler ou dérouler une partie du fil selon le cas
	horloge électrique — panne d'électricité (se traduit par un angle droit dans le tracé)	vérifier le disjoncteur et la tension d'alimentation
	les températures sont extrêmement basses	graisser avec un lubrifiant pour basses températures ou chauffer le limnigraphe
Le cylindre d'enroulement n'est plus sur son support	rouille ou saleté sur le support du cylindre	nettoyer et polir avec un papier d'éméri fin, graisser légèrement
	le ressort ou le poids d'entraînement ne fournit pas un couple adéquat	vérifier le couple, il devrait être de 300 à 380 mN/m (42 à 54 oz/po)
L'horloge avance beaucoup trop vite	le rouleau d'entraînement n'est pas engagé, le cylindre d'enroulement tire le papier	s'assurer que les galets de caoutchouc sont en contact avec le rouleau d'entraînement
	le mécanisme d'embrayage de l'enregistreur est sale	le nettoyer
L'horloge s'arrête au bout de quelques heures	la chape d'entraînement de l'horloge et les tiges de l'engrenage de l'enregistreur sont mal engagées	vérifier l'engagement des tiges dans la chape et s'assurer qu'elles ne sont pas coincées; agrandir les ouvertures de la chape d'entraînement de l'horloge
	le cliquet de sûreté est engagé	s'assurer que le cliquet de sûreté est désengagé avant de quitter la station

8.0 DOCUMENTS

8.1 INTRODUCTION

Il est très important de prendre note de façon précise des données relevées. Celles-ci servent à déterminer les caractéristiques de l'emplacement ainsi que les valeurs fondamentales qui serviront pour l'évaluation future de la station. Des documents bien rédigés permettent aussi de transmettre au bureau les renseignements observés sur le terrain.

Lorsque les données et les observations sont inscrites de façon claire, il est plus facile d'évaluer adéquatement un relevé hydrométrique. Chaque partie du relevé doit être désignée de façon claire et doit contenir les renseignements et les valeurs nécessaires. Les documents doivent être remplis lisiblement aussitôt que l'on a terminé les observations. Ne vous fiez pas à votre mémoire; remplissez toujours les documents sur place.

8.2 DOCUMENTS APPROPRIÉS

Dans la plupart des cas, on a recours à des formules spécialement conçues pour l'enregistrement méthodique des renseignements essentiels et des lectures observées. En outre, on peut inscrire au besoin des renseignements supplémentaires sur ces formules.

Parfois, il est important d'inscrire des renseignements qui nous apparaissent sans valeur ou superflus. On rassemble toutes ces données pour diverses raisons; par exemple, pour acheminer les données initiales vers une destination différente, pour établir des renvois interdocuments afin de s'assurer de leur exactitude ou pour faciliter l'accès aux renseignements enregistrés sur le relevé initial. Ainsi, lorsqu'un problème se présente sur une formule, il peut être résolu rapidement en comparant cette dernière avec d'autres formules présentant un relevé des mêmes observations. Si deux parties d'un relevé nécessitant les mêmes données de base sont séparées, chacune d'elles peut, si elle contient les renseignements appropriés, être comprise sans qu'il ne soit nécessaire de se reporter à l'autre.

8.2.1 *Description de la station*

Reportez-vous au cours n° 13 pour de plus amples renseignements concernant la méthode utilisée pour remplir les formulaires de description de la station.

La figure 32 présente une formule de description de la station remplie.

8.2.2 *Journal de la station de jaugeage*

Le journal de la station de jaugeage (figure 33), gardé à l'intérieur de l'abri du limnigraphe, fournit un relevé pratique des données observées à la station au cours de toutes les visites antérieures. La colonne intitulée « Remarques » indique la méthode utilisée pour effectuer les jaugeages antérieurs ainsi que le niveau d'eau maximum permettant, sans qu'il n'y ait de danger, de traverser le cours d'eau à gué. En outre, on y inscrit les vérifications du niveau des échelles ainsi que toute correction leur ayant été apportée. N'oubliez pas de mettre le journal à jour avant de quitter la station. Lorsqu'il est rempli de façon méthodique, le journal de la station de jaugeage permet d'obtenir immédiatement des renseignements sur l'historique de la station.

8.2.1 *Station Description*

Refer to Lesson Package No. 13 “Station Description (Field and Office)” (chapter 3) for details on completion of

See also Lesson Package No. 32 “Computation Software Systems” (section 7.1.1) (section 7.2.2).

The station log form (Figure 32), posted within the recorder shelter, provides a convenient record of observed data from all past visits to the station. The Remarks column shows the method used for past measurements and indicates a safe limit of stage for stream wading. Level checks of the gauges are noted, along with any necessary gauge correction. Update the form before leaving the site. The station log form, properly documented, provides a ready reference to the station operation history.

[illegible]

Figure 32. Formule de description de la station remplie

[illegible]

Figure 33. Journal de la station de jaugeage rempli

8.2.3 Formulaires d'enregistrement des observations hydrométriques (page couverture)

Inscrivez toutes les données relevées sur le terrain sur la page couverture du formulaire d'enregistrement des observations hydrométriques au moment où vous effectuez l'observation et, avant de quitter la station, remplissez la formule de façon appropriée. L'heure, les niveaux d'eau et les renseignements généraux sont inscrits sur cette formule afin d'établir des données de base auxquelles on pourra se reporter au cours d'évaluations futures. Indiquez de façon précise de quelle échelle proviennent les lectures. Indiquez l'heure avec exactitude en précisant le fuseau horaire et le type d'heure (heure normale ou heure avancée). Il est préférable d'utiliser l'heure normale en tout temps de l'année.

Les autres données inscrites sur la formule serviront à titre de renseignements complémentaires au moment de l'évaluation et lorsqu'il faudra procéder à l'entretien du matériel installé à la station. Servez-vous de la colonne « Remarques » pour inscrire les événements ou les conditions qui pourraient avoir une incidence sur la valeur des données inscrites sur la formule et pour signaler des anomalies relatives aux installations, aux instruments ou au matériel. Vous trouverez à la figure 34 un exemple de la page couverture des notes d'inspection hydrométriques remplie.

NOTES D'INSPECTION HYDROMÉTRIQUE

Station **SOMASS RIVER near ALBERNI** Station n° **08H2017**

Date **14 janvier 1987** Suppl. **W. WALKER**

Temp. Air **1.0** °C Eau **7.0** °C Largeur **32.0** Aire **229**

Vitesse moy. **1.836** Moy. Corr. **7.222** Débit **421**

Jaugeage commencé **1035** Terminé à **1150**

Nivellement : aucun

Lectures de l'échelle			
Heure	Verticale	Style	Intérieur
1030		7.234	7.234
1155		7.210	7.215

Moulinet Numéro **1-507**

Stationné le **29 oct. 1985**

Moulinet fixé à **0.50**

au-dessus **0-100** Last

Méthode **02.06.08** Coeff.

Nombre de tranches vert. **25**

Angle du courant tel qu'indiqué

Observateur **S.O.**

Correction : **7.222**

Niv. Moy. corr. **7.222**

Registre vérifié par **S.O.**

Limnigraphe / Papeter. **oui** Rouleau suff. pour 100 jours

enrg. remplace

Conditions atmosphériques **nuageux, froid** Vent **léger vers l'aval**

Jaugeage, **câble série** embarcation, sous couvert de glace, côté amont, côté aval

d'un pont **200** (m) en amont **20** (m) de la jauge

Remarque : Notes l'état de l'équipement de la station. Hauteur de l'eau considérable Turbulence vis-à-vis de l'É.E (lectures ± 0.03 m) Mécanisme de retournement souple - laissé tel quel au moment du départ.

Téléphérique retiré du milieu du cours d'eau. Mécanisme de rappel du téléphérique laissé dans l'abri du limnigraphe. Il faut remplacer le levier de blocage du téléphérique.

Comp. par **W. Walker** Vérifié par

(IW-2070-A (1/77) 821-A(8))

Figure 34. Notes d'inspection hydrométrique (page couverture remplie)

8.2.4 Papier d'enregistrement

La valeur de l'enregistrement graphique produit par le limnigraphe repose entièrement sur les valeurs de référence et sur l'identification y étant inscrites. Les renseignements inscrits directement sur le papier d'enregistrement doivent comprendre le nom de la station et les renseignements ci-après :

Nom de la station :	
Date :	
Heure (heure normale du fuseau horaire) :	
Lecture de l'échelle intérieure (É.I.) :	Lecture de l'échelle limnimétrique ou de la sonde limnimétrique électrique (SLÉ).
Lecture de l'échelle extérieure (É.E.) :	Indiquez le niveau d'eau relevé sur l'échelle extérieure.
Lecture du style :	Indiquez l'heure et le niveau d'eau correspondant à la position du style sur le papier d'enregistrement.
Remarques :	Renseignements concernant les arrêts de l'horloge ou les problèmes de fonctionnement.
Nom et signature :	Nom de la personne inscrivant les données.
Échelle de temps :	Notez les valeurs de l'échelle du graphique et de la marge. Notez-les peu importe la direction dans laquelle le papier défile.

L'heure et les lectures des échelles doivent être les premières valeurs de référence correspondant à la marque inscrite sur la courbe du graphique. On peut voir à la figure 35 un exemple d'inscription sur le papier d'enregistrement effectué de la façon appropriée.

8.2.5 MISE À JOUR DE L'INVENTAIRE DE LA STATION HYDROMÉTRIQUE

La formule mise à jour de l'inventaire de la station hydrométrique (HYDEX) constitue un registre officiel sur lequel on trouve l'emplacement précis de la station, le type de données y étant relevé, les méthodes de collecte de données utilisées ainsi que l'historique des données disponibles. Les autres renseignements inscrits sur cette formule sont destinés principalement à des fins d'administration. On peut voir aux figures 36 et 37 une formule « Inventaire de la station de jaugeage » remplie.

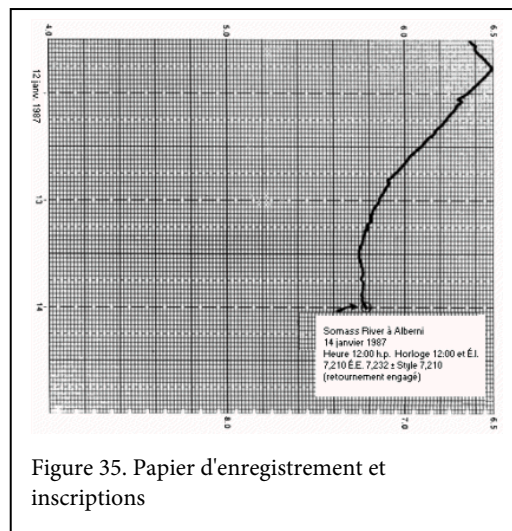


Figure 35. Papier d'enregistrement et inscriptions

REMARQUE EN VERTU DES SPECIFICATIONS CI-APRES
22 01707180010785016891

MODIFICATIONS DE CARTES

RELIEVE HYDROLOGIQUES DU CANADA
7 NOV. 1977 PAGE 1
VANCOUVER, C.-B.

INVENTAIRE DE LA STATION DE JAUSSAGE
02 NOM DE LA STATION : FENLAY RIVER A FENLAY FORKS
04 STATUT : 0 - DISCONTINUEE A
05 INTERNATIONAL -
06 PROV., TERR. OU STAT : C.-B.

01 STATION N° 078501

03 REGION : VANCOUVER
07 COORDONNEES : LAT 55 01 58 LONG 123 54 36
08 BASSIN VERSANT : 43 300 km²

09 ENLACEMENT : A 800 Mètres S.O. EN AMONT DE L'EMBOUTURE

10 TRIBUNAIRE DU LAC WILKINSON

11 TYPE DE LIMNOMETRE :
12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

11 DESIGNATION OFFICIELLE DU TENDON :
22 AUTRES EQUIPEMENTS :
23 TEMPERATURES : X
24 TELEMANOM
25 SECTION DE CONTRÔLE ARTIFICIEL :
26 AUTRES (SPECIFIERS) :

27 TYPES DE DONNEES : Q 31 LANC
28 TYPES DE DONNEES : B 32 45-59 Q M
29 TYPE A LA STATION N° : C 33 60-62 Q M
30 TYPE D'EXPANSION : C 34 63-67 Q M
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

41 NIVEAU DE REFERENCE DE L'ECHELLE
42 ELÉMENTS DE REFERENCE
43 NIVEAU DE REFERENCE COURANT 610 NIVEAU DE REFERENCE EXTREME
44 NIVEAU DE L'AUTRE NIVEAU DE REFERENCE
45 CONSTATANT DE CONVERSION : 610,471 m
46 PERIODE NORMALE

47 DONNEES, RELEVEMENTS
48 DONNEES QUALITE DE L'EAU
49 VUE, D'EAU EMANANT
50 TEMP. COURANTE DE L'EAU
51 DONNEES NON UTILISES
52 DONNEES RELEVEMENTS AVANT
53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

61 CLASSIFICATION DE L'ORGANISME RESPONSABLE
62 ORGANISME RESPONSABLE
63 NOM DE L'ORGANISME
64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

77 REMARQUES POUR LA PUBLICATION ANNUELLE DONNEES SUR LES EAUX DE SURFACE :
78 REMARQUES POUR LA PUBLICATION SEMESTRIELLE CHRONOLOGIQUE DE L'ECOLEMENT :
79 REMARQUES POUR LA PUBLICATION SEMESTRIELLE CHRONOLOGIQUE DES NIVEAUX D'EAU :
80 REMARQUES GENERALES : LE 21 NOVEMBRE 1967, LA STATION A ETE REINSTALLÉE A 260 MÈTRES EN AMONT DE L'ANCIEN ENLACEMENT

76 REMPLACE LA FORMULE EN DATE DU 7 NOVEMBRE 1977
77 A L'USAGE DU BUREAU D'OTTEWA OU DE LA REGION
78 PREPARE PAR :
79 VERIFIE PAR :
80

N.B. : CETTE FORMULE DOIT ÊTRE VERIFIEE ET MODIFIEE AVEC UNE FORMULE SAGA.

Figure 36. Formule mise à jour de l'inventaire des stations hydrométriques remplie

REMARQUE EN VERTU DES SPECIFICATIONS CI-APRES
22 01707180010785016891

MODIFICATIONS DE CARTES

RELIEVE HYDROLOGIQUES DU CANADA
7 NOV. 1977 PAGE 1
VANCOUVER, C.-B.

INVENTAIRE DE LA STATION DE JAUSSAGE
02 NOM DE LA STATION : FENLAY RIVER A FENLAY FORKS
04 STATUT : 0 - DISCONTINUEE A
05 INTERNATIONAL -
06 PROV., TERR. OU STAT : C.-B.

01 STATION N° 078501

03 REGION : VANCOUVER
07 COORDONNEES : LAT 55 01 58 LONG 123 54 36
08 BASSIN VERSANT : 43 300 km²

09 ENLACEMENT : A 800 Mètres S.O. EN AMONT DE L'EMBOUTURE

10 TRIBUNAIRE DU LAC WILKINSON

11 TYPE DE LIMNOMETRE :
12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

11 DESIGNATION OFFICIELLE DU TENDON :
22 AUTRES EQUIPEMENTS :
23 TEMPERATURES : X
24 TELEMANOM
25 SECTION DE CONTRÔLE ARTIFICIEL :
26 AUTRES (SPECIFIERS) :

27 TYPES DE DONNEES : Q 31 LANC
28 TYPES DE DONNEES : B 32 45-59 Q M
29 TYPE A LA STATION N° : C 33 60-62 Q M
30 TYPE D'EXPANSION : C 34 63-67 Q M
31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

41 NIVEAU DE REFERENCE DE L'ECHELLE
42 ELÉMENTS DE REFERENCE
43 NIVEAU DE REFERENCE COURANT 610 NIVEAU DE REFERENCE EXTREME
44 NIVEAU DE L'AUTRE NIVEAU DE REFERENCE
45 CONSTATANT DE CONVERSION : 610,471 m
46 PERIODE NORMALE

47 DONNEES, RELEVEMENTS
48 DONNEES QUALITE DE L'EAU
49 VUE, D'EAU EMANANT
50 TEMP. COURANTE DE L'EAU
51 DONNEES NON UTILISES
52 DONNEES RELEVEMENTS AVANT
53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

61 CLASSIFICATION DE L'ORGANISME RESPONSABLE
62 ORGANISME RESPONSABLE
63 NOM DE L'ORGANISME
64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

77 REMARQUES POUR LA PUBLICATION ANNUELLE DONNEES SUR LES EAUX DE SURFACE :
78 REMARQUES POUR LA PUBLICATION SEMESTRIELLE CHRONOLOGIQUE DE L'ECOLEMENT :
79 REMARQUES POUR LA PUBLICATION SEMESTRIELLE CHRONOLOGIQUE DES NIVEAUX D'EAU :
80 REMARQUES GENERALES :

76 REMPLACE LA FORMULE EN DATE DU 7 NOVEMBRE 1977
77 A L'USAGE DU BUREAU D'OTTEWA OU DE LA REGION
78 PREPARE PAR :
79 VERIFIE PAR :
80

Figure 37. Formule inventaire des stations hydrométriques remplie

8.2.6 *Inscription des causes de perte de données*

D'ordinaire, des renseignements sont tirés des remarques inscrites sur le papier d'enregistrement ou sur la page couverture des notes d'inspection hydrométriques. Ils constituent une source pratique pour évaluer le rendement antérieur du limnigraphe et des autres installations de la station de jaugeage. Ces renseignements sont mis à jour et gardés dans les dossiers du bureau dont relève la station. Un exemplaire de ces notes mises à jour reste dans le journal de la station. Si certains problèmes réapparaissent, vous trouverez dans le journal ou dans les dossiers des renseignements qui vous aideront à trouver les solutions appropriées.

9.0 RÉSUMÉ

Le présent cours a porté sur l'utilisation d'un limnigraphe de marque Stevens, et il a permis aux techniciens de se familiariser avec ce type d'appareil en situation réelle de travail. On y a traité des puits de mesure et de leur efficacité en ce qui a trait à la collecte régulière et précise de données afférentes aux niveaux d'eau, des problèmes de fonctionnement du matériel, liés aux diverses conditions météorologiques, rencontrés au cours de l'année, ainsi que des échelles auxiliaires et des types d'abris utilisés pour effectuer le relevé des niveaux d'eau. Les techniciens ont ainsi appris à installer et à faire fonctionner des limnigraphes, à en détecter les anomalies et à inscrire les renseignements appropriés sur le papier d'enregistrement.

À la suite de ces trois jours de formation, il serait opportun d'effectuer une visite sur le terrain pour permettre aux stagiaires d'examiner et de passer en revue les éléments étudiés durant le cours.

10.0 MANUELS ET OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

10.1 MANUELS PRATIQUES

Environnement Canada. (1983). Manuel pratique de levés hydrométriques : Mesures de niveaux. Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 47 p.

Environnement Canada. (1987). Guide d'inspection des stations de jaugeage. Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 20 p.

10.2 OUVRAGES DE RÉFÉRENCE

Environnement Canada. (1975). Annuaire de l'eau du Canada. Ottawa.

Environnement Canada. (1963). Use of Oil Cylinders (Frost Tubes). Pacific and Yukon Region memo to file.

Leupold and Stevens Inc. Instructions – Type-A Model 35 and 71 Recorders. Formule A-471.

Leupold and Stevens Inc. Stevens Water Level Recorder Type A-35. Bulletin 12, 12^e et 17^e édition.

Leupold and Stevens Inc. (1987). Stevens Water Resources Data Book. 4e édition.

Bell, W.H. et N.P. Fofonoff. (1983). Stilling Well Design. The B.C. Professional Engineer, décembre.

United States Geological Survey. (1968). General Procedure for Gauging Streams. Book 3, Chapter A6, Washington, D.C.

United States Geological Survey. (1968). Stage Measurement at Gauging Stations. Book 3, Chapter A7, Washington, D.C.

United States Geological Survey. (1981). Measurement and Computation of Streamflow. Volume 1, Measurement of Stage and Discharge, Water-Supply Paper 2175, Washington, D.C., 284 p.

ANNEXE A : LIMNIGRAPHERS STEVENS

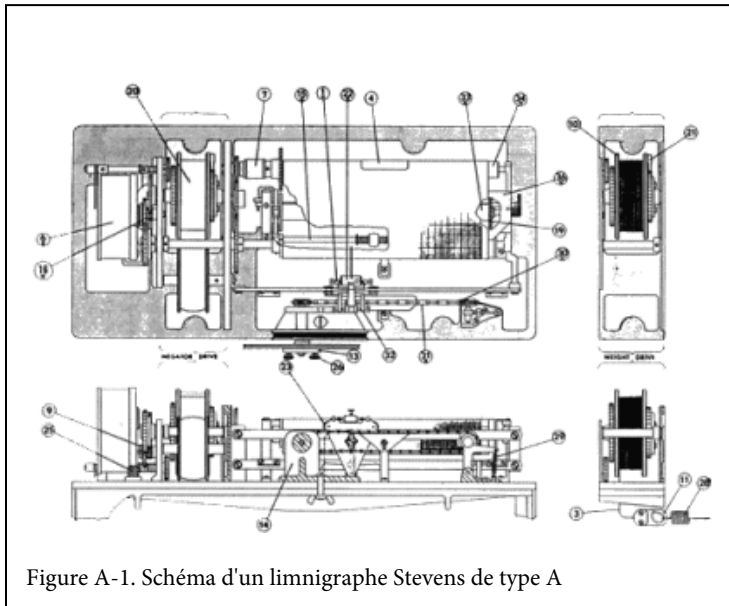


Figure A-1. Schéma d'un limnigraphe Stevens de type A

Liste des pièces d'un limnigraphe Stevens de type A		
N° de l'article	Description	N° de pièces
1a	bras avec support pour le réservoir en Lucite du style	1-10220
1b	bras avec support et poids pour crayon en bois	1-10901
	roulement à bille de l'arbre de la poulie du flotteur (2 ou 4) (non illustré)	1-20518
3	câble, poids d'horloge en acier inoxydable, diamètre : 0,040 po, longueur : 28 pi	1-10275
	papier d'enregistrement A-10, impérial, 10 pouces sur 25 verges	1-14945
	papier d'enregistrement A-25, métrique, 25 centimètres sur 25 mètres	1-14947
4	bride du cylindre d'enroulement du papier d'enregistrement	1-10130
	attache, support pour le style en verre des indicateurs de retournement et de temps	1-1-223
6a	horloge Chelsea, installée sans cadran, avec levier d'entraînement	1-19085
6b	horloge Chelsea, installée avec cadran, avec levier d'entraînement	1-19086

6c	horloge à moteur synchrone, installée (l'acheteur doit indiquer le type, le nb. de tr/jr, la tension et la fréquence)	
7	embrayage (roue dentée de 60 dents)	1-10748
	couvercle en néoprène pour appareil de type A	3-10916
	limnigraphe modèle 71	
8	clé pour tambour de câble ou de ressort (filage à gauche)	1-10597
9	levier d'entraînement avec vis, horloge Chelsea	1-10277
10	tambour seulement, pour ressort ou câble	4-10895
11	crochet de l'extrémité de la ligne du flotteur	1-15147
13	bride de la poulie du flotteur avec écrou	1-10749
14	supports de la poulie du flotteur	
Impérial	échelle de la jauge de 10:12 et 5:12, (avec engrenages)	1-10675
	échelle de la jauge de 1:6 et 1:12 (arbre simple)	1-10676
	échelle de la jauge 1:12 et 1:24 (avec engrenages)	1-10677
	échelle de la jauge 1:30 et 1:60 (avec engrenages)	1-10678
Métrique	échelle de la jauge 1:1 et 1:2 (avec engrenages)	1-10683
	échelle de la jauge 1:5 et 1:10 (arbre simple)	1-10684
	échelle de la jauge 1:10 et 1:20 (avec engrenages)	1-10685
	échelle de la jauge 1:25 et 1:50 (avec engrenages)	1-10686
15a	rouleau de friction et d'entraînement (modèle de 10 po ou de 25 cm)	1-10109
15b	rouleau de friction et d'entraînement (modèle de 20 po ou de 50 cm)	4-10111
16a	engrenages (échelle de temps), Chelsea, commande par poids ou par ressort (l'acheteur doit indiquer l'échelle de temps et le n° du limnigraphe)	Reportez-vous au tableau 4a, à la figure 2
16b	engrenages (échelle de temps), limnigraphe à CA (l'acheteur doit indiquer l'échelle de temps, le type d'horloge, le NB. de la TR/JR et le n° de série du limnigraphe) (non illustré)	Reportez-vous au tableau 4b, à la figure 4
	vitre pour couvercle — modèle de 20 po (non illustré)	1-10042
	patte à vis calante (non illustrée)	
19	écrou de l'arbre du cylindre d'alimentation	1-10120
20	ressort, 4½ mois	
21	piquet du tambour du câble ou du ressort	
22a	style avec réservoir en Lucite	1-10212
22b	style avec réservoir en verre pour les indicateurs de retournement et	1-10222

	de temps (non illustré)	
23	roue libre du chariot porte-style	1-10175
	vis du cliquet (non illustrée)	1-10890
25	vis de fixation de l'horloge (une nécessaire)	1-10294
26	jeu de deux vis pour la bride de la poulie du flotteur « D » et « G »	1-10765
	cliquet du tambour du ressort et du câble (non illustré)	1-10061
28	ressort pour poids d'horloge	1-10267
29	ressort du tendeur de la chaîne	1-10202
30a	roue dentée (droite) avec coussinet (impérial)	1-10197
30b	roue dentée (droite) avec coussinet (métrique)	1-10199
31a *	chaîne du chariot porte-style (modèle de 10 po)	4-10186
31b *	chaîne du chariot porte-style (modèle de 25 cm) (métrique)	4-10187
31c *	chaîne du chariot porte-style (modèle de 20 po) (impérial) (non illustrée)	4-10763
31d *	chaîne du chariot porte-style (modèle de 50 cm) (métrique) (non illustrée)	
32	chariot porte-style sans style ou sans bras de style	1-10169
33a	cylindre d'alimentation avec écrou (modèle de 10 po 25 cm)	1-10772
33b	cylindre d'alimentation avec écrou (modèle de 20 po ou 50 cm) (non illustré)	1-10773
34a	cylindre d'enroulement (modèle de 10 po ou 25 cm)	1-10124
34b	cylindre d'enroulement (modèle de 20 po ou 50 cm) (non illustré)	1-10128
	gabarit pour l'installation d'un thermographe (non illustré)	1-10767
36a	table d'écriture — modèle de 10 po	1-10134
36b	table d'écriture — modèle de 20 po (non illustrée)	1-10135
* Toutes les chaînes sont munies de goupilles de commande de l'indicateur de retournement.		

ANNEXE B : DÉCALAGE DU FLOTTEUR ET EFFETS DYNAMIQUES SUR LE FLOTTEUR

Les renseignements ci-après sont tirés du *Manuel pratique de Levés hydrométriques – Mesures de niveau*.

Un flotteur dont le fonctionnement est efficace doit satisfaire à plusieurs exigences fondamentales. Il doit être stable dans l'eau et y reposer à la verticale. Tous les flotteurs doivent être étanches. S'il s'agit de flotteurs vides, ils doivent être munis d'une prise d'aération afin d'éviter que les variations de la pression atmosphérique ne provoquent leur implosion. Le flotteur et les accessoires s'y rattachant doivent être faits de matériaux non corrosifs et inaltérables.

La sensibilité aux variations du niveau de l'eau d'un flotteur est en relation directe avec sa surface portante. Dans la plupart des cas, un flotteur dont le diamètre est de 200 ou de 250 mm (8 ou 10 po) présentera une sensibilité adéquate.

Une augmentation de la masse du contrepoids diminuera la sensibilité du flotteur en raison de l'augmentation de la friction sur le support de la poulie. La submersion du contrepoids se traduit par une mesure du niveau erronée, bien que cette erreur tende à compenser l'erreur provoquée par le déplacement du poids de la ligne. Les variations de température constituent une autre source de mesures erronées. Elles peuvent avoir une incidence sur la ligne du flotteur et sur la structure du puits de mesure. Cependant, l'incidence de la température ne constitue un problème que lorsqu'il s'agit de puits profonds. Dans la plupart des cas, si un limnigraphe est installé sur un puits en béton, en bois ou en métal, l'expansion de la structure du puits tend à compenser celle de la ligne du flotteur.

À la figure B-1, on peut voir un schéma type de flotteur et de contrepoids réunis par une ligne flexible qui passe dans la gorge d'une poulie. Voici la liste des symboles et des termes utilisés ainsi que l'unité y correspondant.

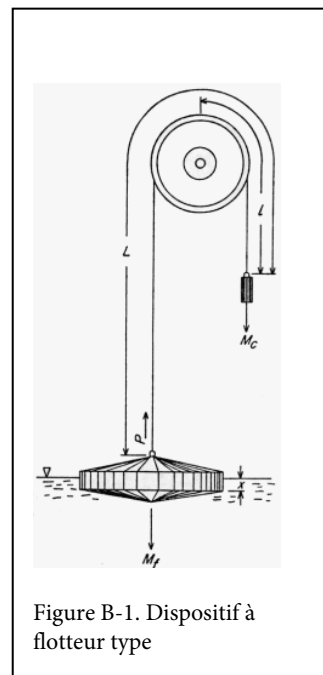


Figure B-1. Dispositif à flotteur type

F	=	la force requise pour déplacer le mécanisme de l'enregistreur (N)
P	=	la tension de la ligne du flotteur au point de raccordement au flotteur (N)
M_f	=	la masse du flotteur (kg)
A	=	l'aire du flotteur (m^2)
D	=	le diamètre du flotteur (m)
M_c	=	la masse du contrepoids (kg)
L	=	la longueur totale de la ligne du flotteur (m)
l	=	la longueur de la ligne du flotteur du côté du contrepoids (m)
Δl	=	la variation de longueur de la ligne du côté du contrepoids (m)
M_u	=	la masse de la ligne du flotteur par unité de longueur (kg/m)
ρ	=	la masse volumique de l'eau sur laquelle le flotteur repose (kg/m^3)
x	=	la profondeur d'immersion du flotteur (m)
h	=	le niveau de l'eau dans le puits de mesure (m)
g	=	l'accélération normale de la pesanteur ($9,80665 \text{ m/s}^2$).

Quand le niveau d'eau dans un puits de mesure ne varie pas, la force de la pesanteur sur le flotteur est équilibrée par la poussée relative au principe d'Archimède qui agit sur le flotteur et par la tension de la ligne du flotteur au point d'attache. Cet équilibre s'exprime de la façon suivante : $M_f g = r g A x + P$ [B-1]

Si le niveau change, la profondeur d'immersion du flotteur et la tension de la ligne du flotteur changeront aussi. De telles variations peuvent être démontrées à l'aide de la formule B-2 ci-après : $r g A x_1 + P_1 = r g A x_2 + P_2$ [B-2]

Si l'on remplace A, on peut trouver la valeur de $P_2 - P_1$ en utilisant les formules B-3 ou B-4.

$$P_2 - P_1 = r g (p D^2 \div 4) (x_1 - x_2) \quad [B-3]$$

$$DP = (l \div 4) r g p D^2 (Dh) \quad [B-4]$$

Les sections ci-après traitent des facteurs ayant une incidence sur le rendement d'un limnigraphe à flotteur.

Il découle de l'équation (B-4) que la force disponible pour actionner un limnigraphe est directement proportionnelle au carré du diamètre du flotteur. Si l'on prend W_h comme étant 0,002 m, W_p devient 0,616 N pour un flotteur d'un diamètre de 200 mm (0,963 N pour un flotteur dont le diamètre est de 250 mm). Si, en supposant une situation extrême, on utilisait un flotteur de 200 mm de diamètre pour actionner un limnigraphe de type A dont le rapport est de 1:5, le moment de la force produite par le flotteur serait de 36,8 mN.m, ce qui est passablement plus élevé que les 14,1 mN.m nécessaires pour compenser la force F correspondant au frottement du mécanisme d'entraînement du style.

L'équation (B-4) peut être transformée pour calculer le décalage maximal du flotteur causé par la force F. $Dx = 4F \div r g p D^2$ [B-5]

Si, dans une situation extrême, on utilise un limnigraphe de type A, W_x (le décalage du flotteur) serait égal à 0,0008 m. Le décalage du flotteur se traduira par une courbe déplacée dont les pointes seront « éliminées ».

Si l'on remplace la valeur P dans l'équation [B-1], on peut de façon générale dire que : $M_f g = r g A x + M_c g \pm F - M_u g (L - 2l)$ [B-6]

où F a une valeur positive quand le niveau de l'eau baisse, et négative quand il s'élève. Avec une variation du niveau, cette équation devient : $M_f g = r g A (x + Dx) + M_c g \pm F - M_u g L + 2M_u g (l + Dx)$ [B-7]

Si l'on soustrait (B-6) de (B-7), on obtient : $Dx = - (2M_u \div r A) Dl$ [B-8]

Puisque W_l correspond exactement à la variation du niveau de l'eau (W_h), on peut exprimer en unité métrique l'équation (B-8) comme étant :

$$\text{La correction du déplacement du poids de la ligne} = -0,00255 (M_u \div D^2) Dh \quad [B-9]$$

On peut utiliser l'équation (B-9) pour produire des tables de corrections de déplacement du poids de la ligne. Les tableaux B-1 et B-2 donnent des corrections qui s'appliquent au flotteur et aux lignes de flotteur Stevens utilisés fréquemment. On peut remarquer que le fil perlé a un rendement supérieur à celui du ruban, mais que dans un cas comme dans l'autre, l'erreur a tendance à être minime dans la plupart des applications.

Tableau B-1. Corrections du déplacement du poids de la ligne pour une ligne de flotteur dont la masse est de 0,62 kg/100 m.

Diamètre du flotteur (mm)	Variation de niveau du réglage initial				
	1 m	2 m	5 m	10 m	25 m
200	0,0004	0,0008	0,0020	0,0040	0,0079
250	0,0003	0,0005	0,0013	0,0025	0,0051

Tableau B-2. Corrections du déplacement du poids de la ligne pour des lignes de flotteur dont la masse est de 1,49 kg/100 m.

Diamètre du flotteur (mm)	Variation de niveau du réglage initial				
	1 m	2 m	5 m	10 m	25 m
200	0,0009	0,0019	0,0047	0,0095	0,0190
250	0,0006	0,0012	0,0030	0,0061	0,0122

NOTA — La correction est négative si le niveau augmente, positive s'il diminue.

Si le contrepois et une partie de la ligne du flotteur sont submergés, la tension de la ligne du flotteur diminue à cause de la poussée relative au principe d'Archimède qui agit sur le contrepois et sur la ligne. Par conséquent, la profondeur d'immersion du flotteur est augmentée. Pour en calculer l'incidence, on peut modifier l'équation (B-6) de la façon suivante : $M_g = r_g A x_{\phi} \pm F + ((r_c - r) \div r_c) M_c g - ((r_u - r) \div r_u) M_u g (L - 2l)$ [B-10]
où x_{ϕ} est la nouvelle profondeur d'immersion et r_c et r_u correspondent respectivement aux masses volumiques des matériaux dont sont faits le contrepois et la ligne du flotteur.

Si l'on soustrait l'équation (B-10) de l'équation (B-6), on obtient : $x_{\phi} - x = M_c \div r A (1 - ((r_c - r) \div r_c)) - (M_u (L - 2l) \div r A) (((r_u - r) \div r_u) - 1)$ [B-11]

La deuxième variable de la partie droite de l'équation est égale à zéro quand le contrepois est submergé et elle a une valeur négative lorsque les niveaux sont élevés. Lorsqu'on utilise un contrepois standard et un flotteur dont le diamètre est de 200 mm, l'erreur est de -0,001 m et elle tend à compenser l'erreur attribuable au déplacement du poids de la ligne.

On peut utiliser l'équation (B-11) pour déterminer le déplacement du poids de la ligne une fois celui-ci submergé. La variation du niveau ($h_2 - h_1$) est égale à $2l - L$ que l'on peut aussi exprimer par $-(L - 2l)$. Si l'on remplace cette dernière expression dans la formule (B-11), on obtient : $Dx = (M_u D h \div r A) (((r_u - r) \div r_u) - 1)$ [B-12]

La différence entre le déplacement du poids de la ligne alors que le contrepois est ou n'est pas submergé est presque toujours négligeable.

Dans un grand nombre de puits de mesure, le niveau de l'eau oscille. Ces oscillations sont généralement de courte durée (quelques secondes) et de faible amplitude (de 1 à 20 mm). Comme le flotteur tend à suivre ces oscillations, le style du limnigraphe produira un « barbouillage » ou, si le puits de mesure est bien conçu, on pourra détecter un « affolement du style ».

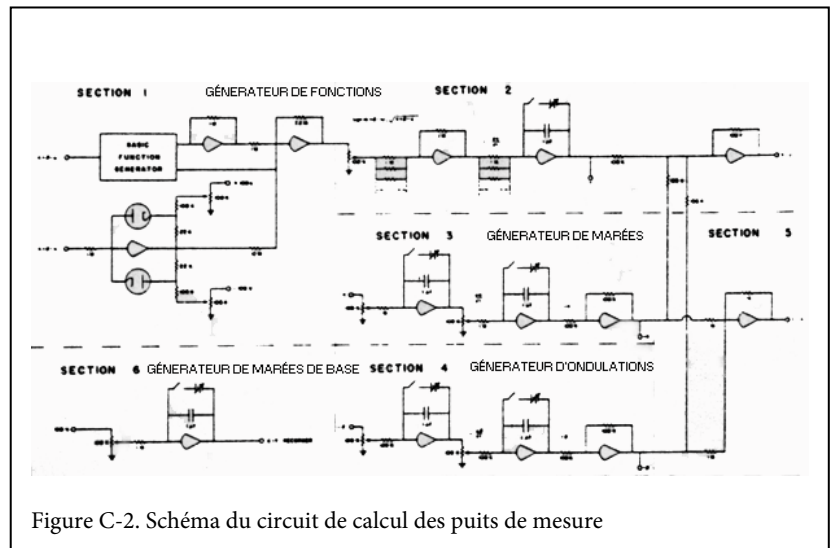
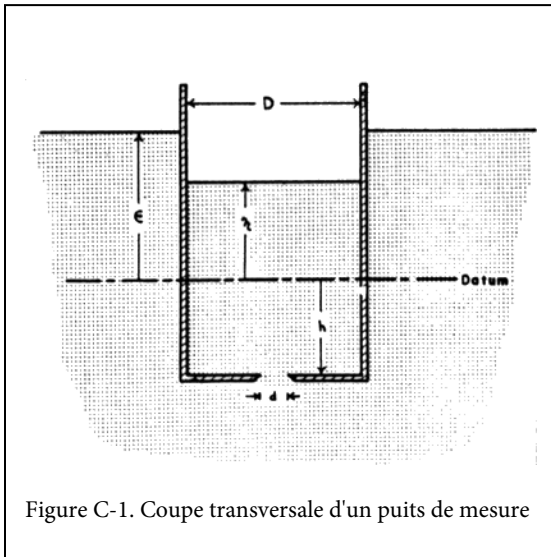
Le flotteur suit les oscillations avec une fidélité qui est fonction de sa masse. Lorsque l'eau monte, le flotteur a toujours un certain retard sur le mouvement initial de l'eau. De fait, il se crée une force d'inertie qui s'oppose au mouvement du flotteur. D'après la deuxième loi de Newton portant sur le mouvement, cette force est égale à $M_f (dv \div dt)$, où $dv \div dt$ correspond à l'accélération du flotteur. À mesure que le mouvement de la surface de l'eau continue, la profondeur d'immersion du flotteur et, par conséquent, la poussée relative au principe d'Archimède agissant sur le flotteur varient. Après un certain temps, la poussée relative au principe d'Archimède surmontera la force d'inertie et produira une accélération du flotteur qui se déplacera au-delà de son point d'équilibre. L'amplitude des oscillations du flotteur peut donc être plus grande que celle de la surface de l'eau.

Il y a cependant des forces qui tendent à amortir ce mouvement du flotteur. Elles sont fonction de la tension superficielle et de l'incidence de l'effort de cisaillement sur la surface verticale du flotteur. La force créée par la tension superficielle est directement proportionnelle au diamètre du flotteur. La force produite par l'effort de cisaillement est fonction du diamètre et de la profondeur d'immersion du flotteur.

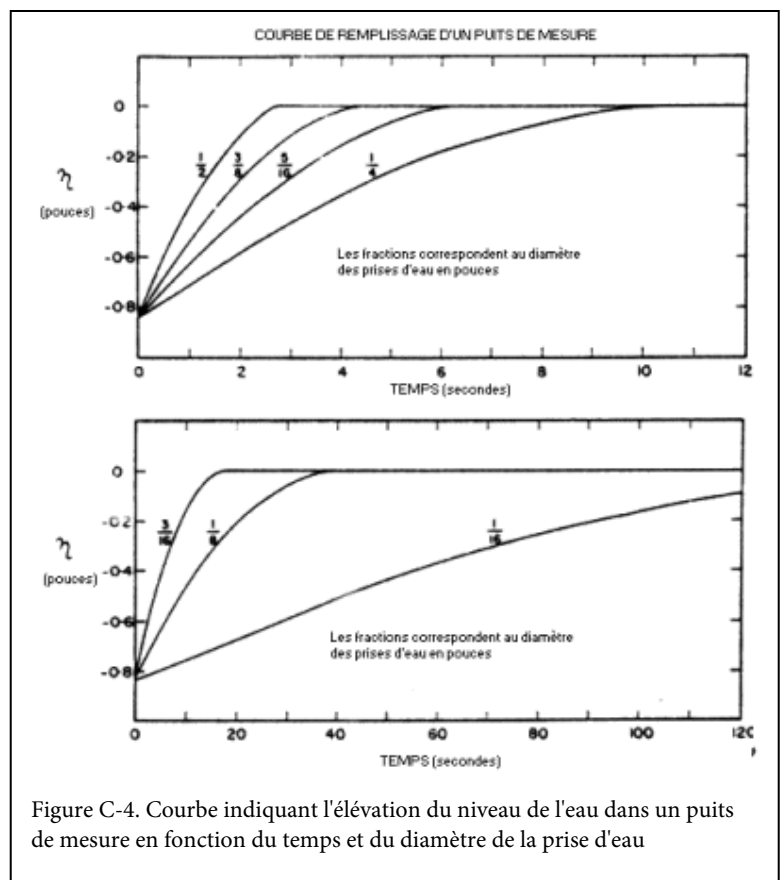
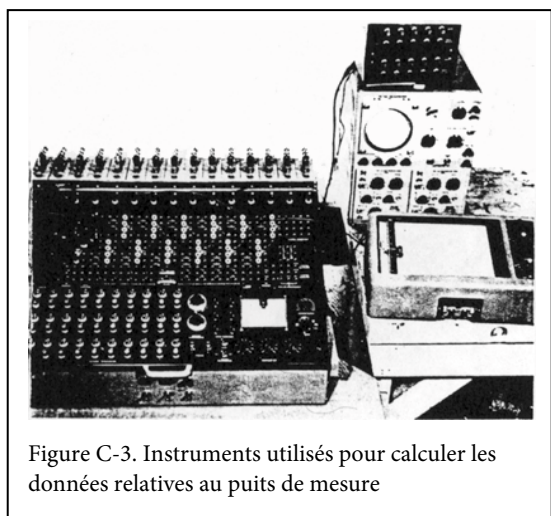
En outre, la force nécessaire pour entraîner le mécanisme d'enregistrement tendra à diminuer la force brute produite par le mouvement du flotteur.

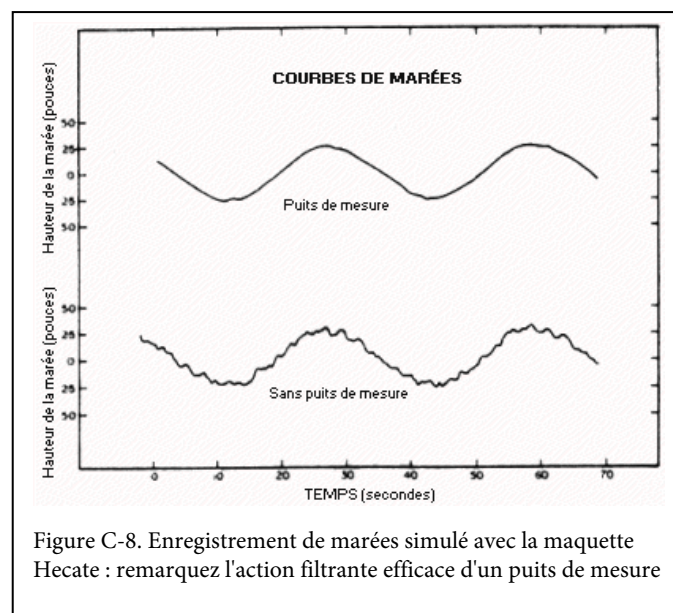
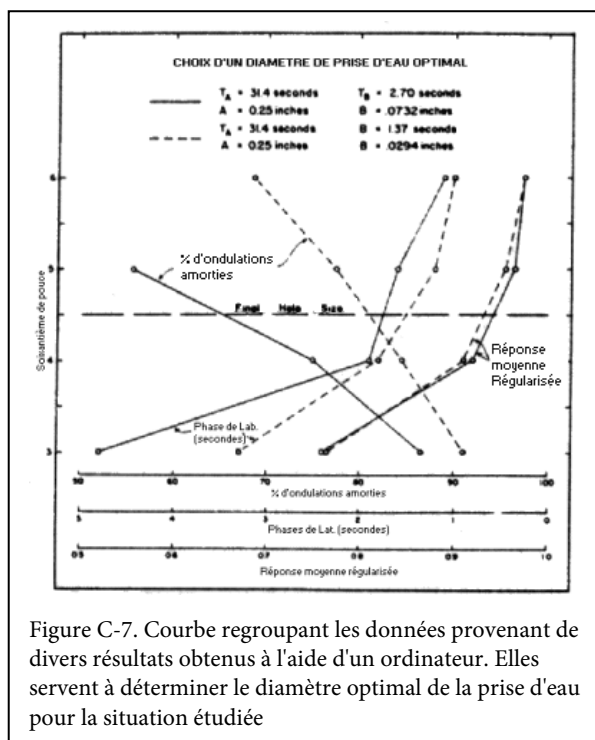
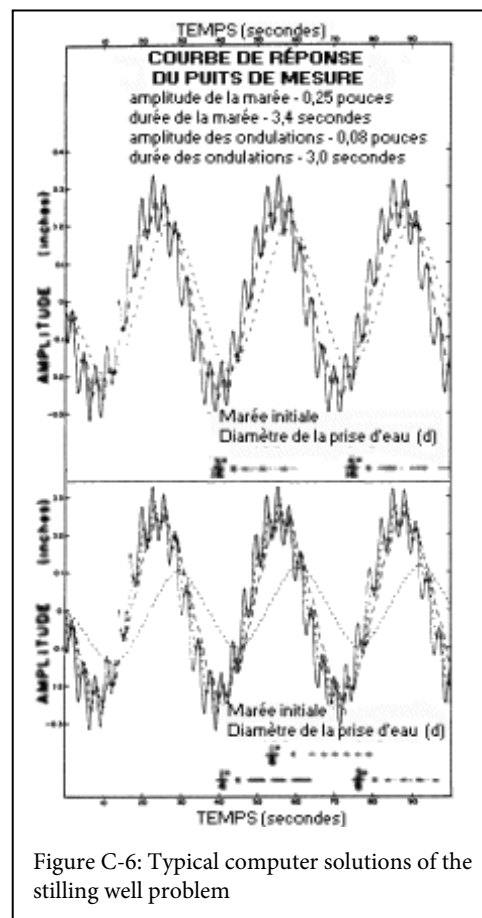
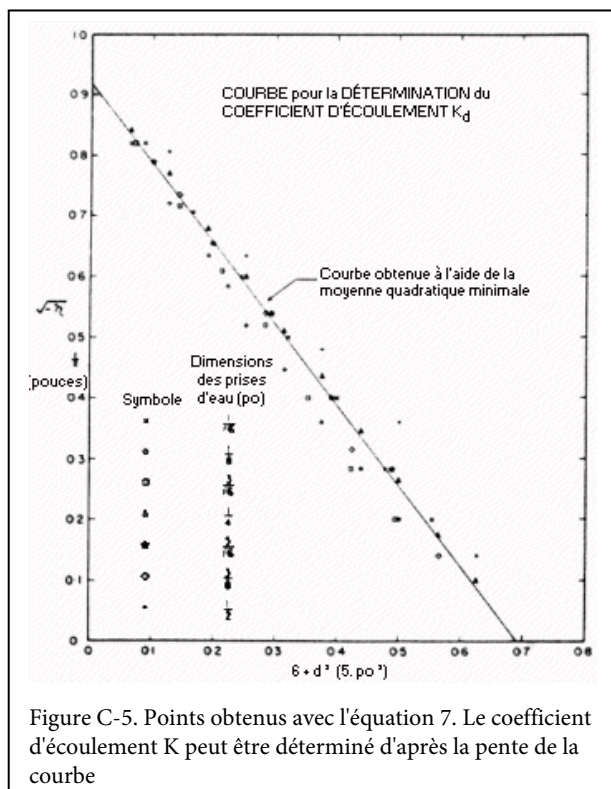
Dans les stations de jaugeage où les oscillations indésirables du style ne peuvent pas être éliminées par d'autres moyens, on peut utiliser un flotteur conçu spécialement pour amortir les oscillations. La plupart des fabricants de limnigraphes offrent ce type de flotteur.

ANNEXE C : CONCEPTION DES PUIITS DE



MESURE





ANNEXE D : UTILISATION DES CYLINDRES D'HUILE

{Les renseignements ci-après sont tirés d'une note de service classée dans les dossiers de la Direction des ressources en eau (bureau de Vancouver). Il convient de noter que la conversion métrique n'a pas été effectuée.}

Un cylindre d'huile mal installé et mal entretenu doit être enlevé. Il peut être une source de relevés erronés ou de pertes d'enregistrements qui auraient pu être utiles. Les renseignements ci-après vous permettront d'utiliser correctement et avec plus de facilité les cylindres d'huile.

D'une manière générale, l'automne est la saison idéale pour installer un cylindre d'huile car les niveaux d'eau sont alors plus bas. C'est aussi le meilleur temps pour enlever la vase accumulée dans les puits. Ceux-ci doivent être propres pour assurer le bon fonctionnement du cylindre. Cependant, une prise d'eau peut être propre et fonctionner correctement même si le fond du cylindre d'huile est envasé. Par conséquent, un enregistrement erroné sera obtenu.

La pratique consistant à verser de l'huile dans le cylindre jusqu'à ce qu'elle sorte par le bas de celui-ci n'est permise que si la station doit être fermée et que l'on prépare le cylindre pour la période de la fonte des neiges printanière. À toutes les fois qu'un enregistrement doit être effectué, il doit y avoir de l'eau dans le cylindre en dessous de la couche d'huile.

L'ajout d'une quantité d'huile suffisante pour passer l'hiver en entier peut se révéler impossible. Pour se prémunir contre un manque d'huile dans le cylindre, on peut entreposer un gallon d'huile sur place dans un contenant en plastique. On disposera ainsi d'une réserve d'huile suffisante pour compenser toute diminution du niveau d'huile dans un cylindre de petit diamètre.

Afin d'évaluer correctement la quantité d'huile nécessaire pour un cylindre d'huile particulier, il est important de savoir qu'un gallon correspond à 0,161 pied cube. On doit aussi être en mesure de déterminer l'aire d'un cercle à l'aide de la formule πr^2 . Ainsi, 2,2 gallons d'huile versés dans un cylindre de 8 pouces permettront l'obtention d'une couche d'huile d'un pied d'épaisseur.

Lorsqu'on ajoute de l'huile dans un cylindre, le niveau de cette dernière s'élève au-dessus de celui de l'eau entourant le cylindre. Cet écart est directement proportionnel à la quantité d'huile ajoutée et au poids spécifique de celle-ci. Il en va de même pour l'épaisseur d'huile sous la surface de l'eau. L'épaisseur d'huile n'est pas fonction du diamètre du cylindre.

Il est possible de calculer l'épaisseur d'huile à l'intérieur du cylindre qui est sous le niveau de l'eau, et ce, sans mesurer la quantité d'huile ajoutée. On n'a qu'à déterminer la distance entre le haut du cylindre et la surface de l'huile et à comparer avec le niveau d'eau à l'extérieur du cylindre. Une autre méthode, un peu moins précise, consiste à observer la variation de la courbe du graphique si le flotteur est déjà en place.

Au fur et à mesure que le niveau d'huile diminue dans le cylindre, on doit procéder au réglage du style du limnigraphe. Dans les cas où le niveau d'eau baisse en dessous de la partie inférieure du cylindre, la perte d'huile peut être importante. Le graphique de la figure D-1 indique qu'une correction du style de l'ordre de deux centièmes sera nécessaire pour chaque diminution d'un pied du niveau d'huile initial dans le cylindre. De telles corrections peuvent être importantes pour le calcul des données recueillies en eaux libres après qu'un cylindre ait été installé pendant les eaux basses automnales. Ainsi, pour une épaisseur d'huile initiale sous le niveau d'eau égale à un pied, la perte de la moitié de cette huile se traduira par une correction du style de l'ordre d'un centième.

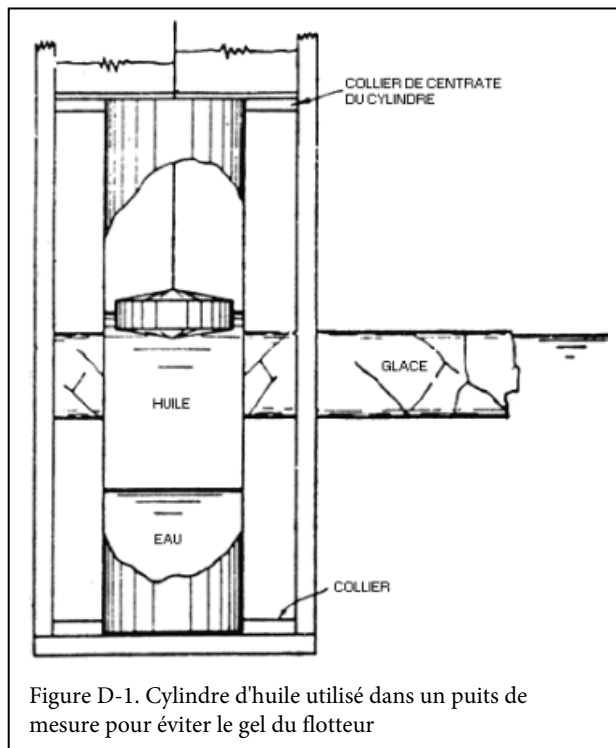


Figure D-1. Cylindre d'huile utilisé dans un puits de mesure pour éviter le gel du flotteur

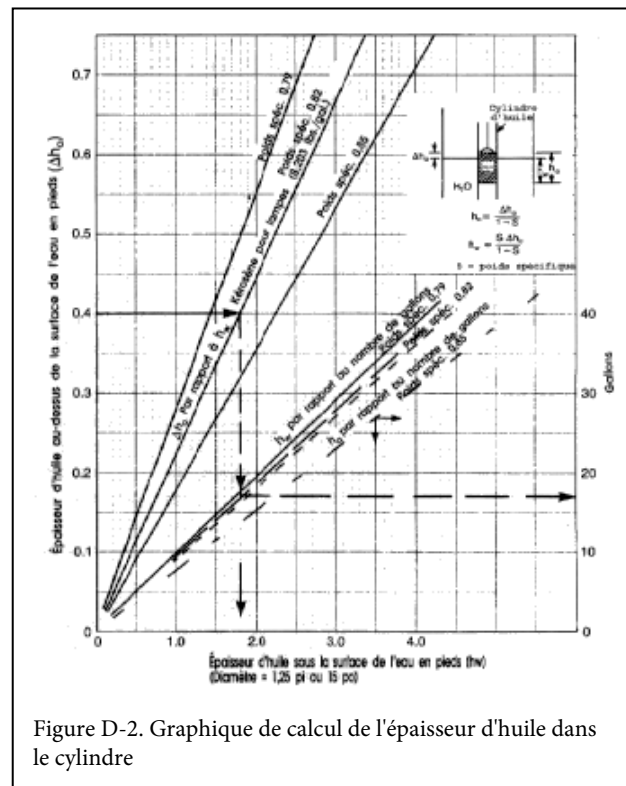


Figure D-2. Graphique de calcul de l'épaisseur d'huile dans le cylindre

En outre, il peut être nécessaire d'apporter des corrections au style à cause des pertes d'huile se produisant pendant les périodes de crue. En effet, une élévation du niveau de l'eau peut provoquer l'expulsion de l'huile par le dessus du cylindre, et ce, bien avant que le niveau d'eau n'atteigne ce point. Ainsi, un cylindre de huit pieds contenant trois pieds d'huile perdra une quantité considérable d'huile avant que le niveau de l'eau dépasse l'extrémité supérieure du cylindre. Une telle situation nécessitera une correction du style de l'ordre de plusieurs centièmes. Une erreur de calcul courante survient lorsque l'on effectue la correction du style en extrapolant de façon linéaire sans tenir compte des divers écarts des niveaux d'eau et d'huile.

Par la suite on doit remplir la formule R-49 et y inscrire tous les renseignements nécessaires concernant la longueur et le diamètre du cylindre. La valeur de la correction du style apportée doit aussi tenir compte d'autres facteurs. En outre, il est utile de vérifier de façon périodique les variations sur le plan du niveau d'eau et de les inscrire sur la page couverture.

Dans un puits de mesure, la profondeur de gel est supérieure le long de la paroi du cylindre. Lorsqu'on y ajoute de l'huile, l'épaisseur d'huile sous le niveau d'eau à l'intérieur de celui-ci doit être supérieure à l'épaisseur de la couche de glace prévue de l'intérieur du puits.

Si vous n'ajoutez pas une quantité suffisante d'huile, il peut y avoir un début de formation de glace que vous pourrez enlever. Cependant, souvenez-vous que la glace flotte sur l'eau et non sur l'huile.

À chaque printemps, les cylindres d'huile doivent être enlevés dès que c'est possible, sauf dans le cas où ceux-ci sont installés d'une façon permanente en tenant compte des niveaux d'eau maximums et minimums. Il suffit d'enlever le flotteur et de déplacer le cylindre du côté opposé au contrepoids. Voici quelques exemples d'erreurs d'enregistrement qui résultent de cylindres mal installés à une station donnée :

1. le fond du cylindre d'huile était envasé;

2. le niveau de l'eau a presque atteint l'extrémité supérieure du cylindre et une certaine quantité d'huile a été perdue;
3. le niveau de l'eau a dépassé l'extrémité supérieure du cylindre et le reste d'huile s'est échappé de celui-ci. Dans ce cas, le flotteur est retourné dans le cylindre lorsque le niveau a baissé;
4. le cylindre s'est rempli d'eau et le flotteur est resté accroché aux fils de suspension situés en haut du cylindre;
5. le poids de l'horloge s'est affaissé sur un fil de suspension et l'enregistreur s'est arrêté.

Presque tous les cas de perte d'un enregistrement ou de relevé douteux surviennent au cours de périodes d'eaux hautes ou basses. Souvenez-vous que ces périodes constituent les périodes d'enregistrement les plus cruciales de l'année.

(Les renseignements suivants sont tirés du livre Stevens Water Resources Data Book, 4e édition, pp. 36–37.)

Pour s'assurer d'un enregistrement continu au cours de la saison froide, le flotteur doit pouvoir se déplacer librement, tant pendant la période d'eaux libres que pendant la période des glaces.

Le chauffage du puits à l'aide d'un radiateur électrique ou d'une série de lampes constitue une méthode très efficace. Pour améliorer le rendement calorifique des lampes, celles-ci doivent être munies de réflecteurs qui dirigeront la chaleur vers l'eau située plus bas. Si on ne dispose d'une source d'alimentation en courant électrique, on peut utiliser une lampe à huile suspendue directement au-dessus de l'eau pour empêcher la formation de glace. Une telle lampe présente une autonomie de deux jours. Si on ne peut effectuer des visites fréquentes, on peut se procurer un réservoir de plus grande capacité. Comme dans le cas de la lampe électrique, l'utilisation d'un réflecteur orienté vers le bas améliorera grandement le rendement de la lampe à huile.

On peut aussi avoir recours à de l'huile pour éviter que le flotteur soit emprisonné dans la glace se formant à l'intérieur du puits. Dans le cas de puits de mesure faits d'un tuyau en métal étanche ou de tuyaux d'égout vitrifiés ou en ciment avec des joints cimentés, il suffit de verser de 2,5 à 3 pieds d'huile dans le tuyau. Les puits doivent être étanches pour éviter les fuites d'huile. Le flotteur repose sur l'huile, et le style du limnigraphe est réglé en fonction du niveau de l'eau libre. L'huile à l'intérieur du puits se maintiendra à un niveau légèrement supérieur à celui de la masse d'eau extérieure. Pour cette raison, on doit régler le limnigraphe en fonction de l'échelle extérieure.

Si le puits de mesure est de grande dimension, il est préférable d'utiliser un tuyau dont le diamètre suffit pour loger le flotteur et dans lequel on versera l'huile. Si la glace se forme autour de l'échelle extérieure, on doit la briser afin de déterminer la hauteur d'eau exacte.

Le cylindre d'huile doit être d'une longueur suffisante pour permettre au flotteur de suivre les variations hivernales du niveau de l'eau. Au cours de la saison estivale, le cylindre peut être enlevé. L'extrémité inférieure de celui-ci doit être ouverte et placée légèrement au-dessus du fond du puits. En outre, il peut être suspendu afin de permettre le passage de l'eau du puits au cylindre d'huile. On peut utiliser tout genre d'huile à bas point de congélation.

ANNEXE E : FACTEURS DE CONVERSION MÉTRIQUE

TABLeAU F-1. Facteurs de Conversion Métrique

Longueur Force

1 pouce=0,025 40 m 1 once-force=0,278 01 N

1 pied=0,304 80 m 1 livre-force=4,448 2 N

1 mille=1,609 3 km

1 mille marin=1,852 0 km

Superficie Pression

1 pied carré=0,092 903 m² 1 livre-force par

1 mille carré=2,590 0 km² pouce carré=6,894 8 kPa

1 acre=4046,9 m² 1 livre-force par pied carré=47,880 Pa

Volume Température

1 pouce cube=16 387 mm³ oC=5/9(oF + 40) -40

1 pied cube=0,028 317 m³ oF=9/5(oC + 40) -40

1 acre-pied=1,233 5 dam³

Débit

1 pied cube par seconde=0,028 317 m³/s

(1 m³/s=35,315 pi³/s)

Masse

1 once avoirdupois=28,350 g

1 livre avoirdupois=0,453 59 kg

Énergie

1 watt-heure=3600 J

1 BTU (British Thermal Unit) (international)=1 055,1 J



Environment
Canada

Environnement
Canada

RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

Cours n° 5.2 — EDAS

D.O.Anderson

D.W.Kirk

E.J.Fast

Droits d'auteur © 1999. Tous droits réservés.

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	BUT ET CONTEXTE	1
2.0	OBJECTIFS	2
3.0	INTRODUCTION	3
4.0	ENREGISTREURS DE DONNÉES	4
4.1	PRINCIPES GÉNÉRAUX/DESCRIPTION	4
4.2	PRÉPARATIFS	5
4.2.1	<i>Câbles, accessoires et montage initial</i>	5
4.2.2	<i>Configuration du système de communications pour PC</i>	6
4.2.3	<i>Alimentation et initialisation</i>	6
4.2.4	<i>Programmation à l'aide de la structure de menu</i>	7
4.2.4.1	<i>Ordinateur portable (PC)</i>	7
4.2.4.2	<i>Clavier</i>	7
5.0	INTERFACE POUR CAPTEURS	8
5.1	INTERFACE DE DONNÉES POUR CAPTEURS	8
5.1.1	<i>SDI-12</i>	8
5.1.2	<i>Autres interfaces de données</i>	9
5.2	INTERFACE MATÉRIELLE POUR CAPTEURS	9
5.2.1	<i>Câblage</i>	10
5.2.2	<i>Connecteurs</i>	10
6.0	CAPTEURS DE DONNÉES	12
6.1	CAPTEURS ACTIVÉS PAR FLOTTEUR – DESCRIPTION GÉNÉRALE ET PRINCIPES	12
6.1.1	<i>Codeurs rotatifs</i>	12
6.2	CAPTEURS ACTIVÉS PAR PRESSION – DESCRIPTION GÉNÉRALE ET PRINCIPES	13
6.2.1	<i>Capteurs non submersibles activés par pression</i>	13
6.2.2	<i>Capteurs submersibles activés par pression</i>	14
7.0	FRÉQUENCE D'ÉCHANTILLONNAGE	16
7.1	ENREGISTREMENT EN FONCTION DU TEMPS	16
7.2	ENREGISTREMENT EN FONCTION DES ÉVÉNEMENTS	16
8.0	ACCÈS AUX DONNÉES ET TRANSFERTS	17
8.1	GESTION DES FICHIERS DE DONNÉES	17
8.2	OPTIONS DE TRANSMISSION DE DONNÉES	17
8.2.1	<i>Ligne terrestre téléphonique/téléphone cellulaire/MSAT (système mobile à satellite)</i>	17
8.2.2	<i>Plate-forme de collecte de données (DCP)</i>	18
8.2.3	<i>Transfert direct</i>	18
9.0	ALIMENTATION	19
9.1	STATIONS ÉLOIGNÉES	19
9.2	STATIONS LOCALES	20

10.0	INSTALLATION AUX EMPLACEMENTS.....	21
11.0	MAINTENANCE ET RÉPARATION.....	22
12.0	RÉSUMÉ.....	23
13.0	MANUELS ET RÉFÉRENCES	23
13.1	MANUELS	23
13.2	RÉFÉRENCES.....	23
13.3	PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT PROFESSIONNEL	23
ANNEXE A : STRUCTURE DE MENU – SUTRON 8200.....		24
ANNEXE B : STRUCTURE DE MENU – VALCOM VEDAS		30
ANNEXE C : DESCRIPTION DE LA SDI-12		31

1.0 BUT ET CONTEXTE

La présente leçon a pour but de fournir aux techniciens des connaissances sur l'installation et la maintenance du *système d'acquisition de données électroniques (EDAS)* utilisé dans leur région, ainsi que sur d'autres systèmes utilisés dans le cadre du programme national.

Le développement des enregistreurs de données, des capteurs et des accessoires de collecte de données est un processus ininterrompu, et les instruments devront périodiquement être mis à niveau, selon les modifications des exigences de fonctionnement. Heureusement, il existe des instruments EDAS fiables, qui ont subi des essais et ont fait leurs preuves durant une période de temps significative. Une liste des produits approuvés a été préparée pour les instruments qui peuvent s'utiliser dans le cadre du programme national. Un certain nombre de fabricants offrent des produits approuvés, ce qui permet de remplacer les enregistreurs et les capteurs utilisés pour diverses applications de collecte de données.

La matière est généralement présentée d'un point de vue général, car le contenu de la leçon deviendrait très fastidieux si chacun des produits approuvés était décrit séparément. Par conséquent, il importe que des instructions de mise en place communes à chaque région, notamment des instructions d'installation et de programmation, soient préparées pour chaque instrument.

La présente leçon donne des instructions sur la mesure du niveau d'eau, particulièrement sur l'obtention d'enregistrements numériques. Pour ce qui est des enregistrements graphiques, se reporter à la [Leçon 5.1](#) du *Programme de perfectionnement professionnel*, « Mesure de niveau d'eau – limnimètres (capteurs à flotteur) ».

2.0 OBJECTIFS

Les objectifs de la leçon sont les suivants :

1. Montrer aux techniciens comment effectuer l'installation et la maintenance des divers éléments d'un système EDAS.
2. Montrer aux techniciens comment transférer et sauvegarder correctement les données numériques en provenance du système EDAS.
3. Montrer aux techniciens comment effectuer l'essai, le réglage, le dépannage et les réparations mineures du système EDAS.

3.0 INTRODUCTION

Depuis 1908, des organismes fédéraux sont chargés de l'acquisition de données sur les niveaux d'eau (hauteurs d'eau). La collecte de données, qui s'effectuait initialement à l'aide d'échelles limnimétriques manuelles, repose maintenant sur des enregistreurs graphiques automatiques branchés à des ensembles à flotteur et à des manomètres. Au milieu des années 1980, le développement de la technologie des microprocesseurs et de composants électroniques fiables a mené à la fabrication d'enregistreurs et de capteurs de données à usage industriel, qui ont par la suite été adaptés à la collecte de données environnementales dans un format numérique facile à lire. Environnement Canada s'est engagé à améliorer le réseau hydrométrique existant en recourant à des instruments numériques fiables. Ces instruments comprennent des enregistreurs de données, des interfaces de capteur de niveau d'eau et des dispositifs de communication qui, une fois correctement assemblés et programmés, constituent le système *EDAS*. La présente leçon donne des lignes directrices de formation sur les éléments du système *EDAS*.

4.0 ENREGISTREURS DE DONNÉES

Les instruments Sutron 8200/8210 et Valcom VEDAS sont les deux principaux enregistreurs de données utilisés par la *Division des relevés hydrologiques du Canada (DRHC)*. Les deux instruments se programment sans difficulté et ont déjà fait leurs preuves. Les appareils Handar 555, Campbell Scientific CR10, Hydrologique LPN8/2 et Design Analysis H350L s'utilisent également dans certaines régions. Tous les enregistreurs de données seront dorénavant appelés simplement enregistreurs.

4.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX/DESCRIPTION

En général, les enregistreurs se composent des modules indiqués sur la figure 1.

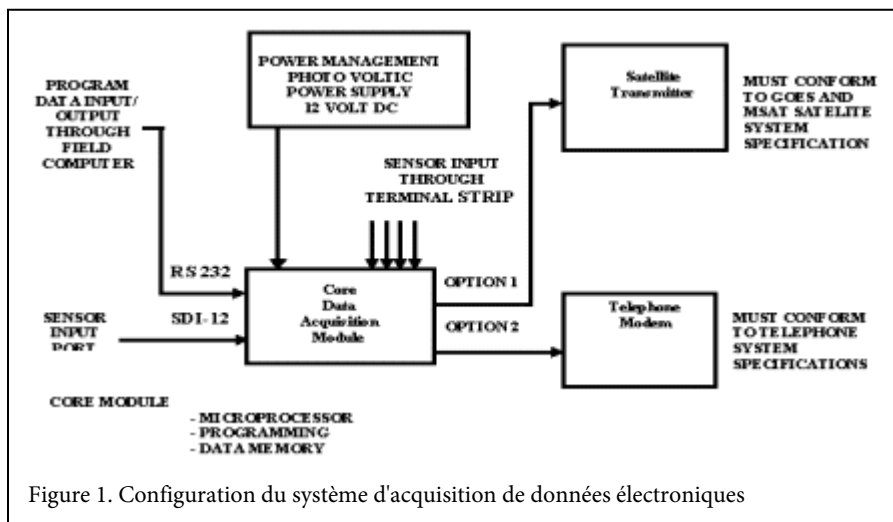


Figure 1. Configuration du système d'acquisition de données électroniques

Le module central d'acquisition de données comprend :

1. un microprocesseur,
2. une mémoire de programmation et de données,
3. un système de gestion d'alimentation,
4. un système optionnel de communication.

Les modules comprennent une ou plusieurs cartes imprimées et sont montés en toute sécurité dans un boîtier de protection contre les conditions ambiantes. Les connecteurs externes fournissent les entrées d'une source d'alimentation c.c., d'un dispositif de programmation et d'une source de transmission de données. Le microprocesseur commande toutes les fonctions de temporisation, de communication et de traitement des données. Le logiciel est propre à chaque marque, mais tous les logiciels utilisent des formats semblables de temporisation et de présentation des données. Les instruments Sutron et Valcom sont tous deux dotés d'un logiciel résident accessible à partir de n'importe quel programme de communication pour ordinateur personnel (PC).

4.2 PRÉPARATIFS

1. Examiner l'enregistreur.
2. Repérer et consigner le numéro de modèle et le numéro de série.
3. Enlever le boîtier de protection, soit en ouvrant le couvercle verrouillable, soit en enlevant les vis de fixation.
4. Vérifier si des cartes imprimées sont fissurées ou si elles portent des composants peu solides et déterminer la position des fusibles ou disjoncteurs.
5. Vérifier les batteries de secours à l'aide d'un voltmètre et remplacer les batteries trop déchargées. S'il y a lieu, brancher maintenant les cavaliers d'activation.
6. Vérifier si les éléments internes sont conformes au bordereau d'emballage ou à la fiche d'inventaire en portant attention aux éléments optionnels, comme les modems, les émetteurs GOES et les modules supplémentaires de mémoire de données.
7. Remonter l'enregistreur.
8. Examiner les prises de connexion, vérifier si les fiches ont des broches courbées et déterminer la fonction de chaque connecteur. Tous les enregistreurs de base doivent comporter un connecteur d'alimentation c.c., un connecteur d'interface SDI et un connecteur de programmation/données. Les enregistreurs perfectionnés sont dotés de connecteurs supplémentaires servant aux interfaces de modem, d'émetteur GOES ou de capteur supplémentaire.

4.2.1 Câbles, accessoires et montage initial

Chaque câble de l'enregistreur est unique, et ses connecteurs ne se branchent qu'au connecteur correspondant de l'enregistreur.

NE PAS BRANCHER LES CÂBLES DE FORCE ! SI LE BRANCHEMENT EST DIFFICILE, VÉRIFIER SI LA GROSSEUR ET LE NOMBRE DES BROCHES SONT BIEN ADAPTÉS.

1. Examiner les câbles.
2. Repérer le câble d'alimentation et s'assurer qu'il ne présente aucune trace de bris, de pincement et de bouclage. Vérifier que les connecteurs de la batterie sont solidement sertis (soudés de préférence) et qu'ils portent une indication claire de la polarité. En cas de doute quant à la polarité, vérifier le câble à l'aide d'un voltmètre, en consultant le schéma de câblage de l'alimentation dans le manuel de l'utilisateur.

NE PAS PRENDRE DE RISQUES, CAR UNE INVERSION DE POLARITÉ POURRAIT ENDOMMAGER L'ENREGISTREUR.

3. Repérer les câbles de communication (programmation) et d'interface SDI, s'assurer que les connecteurs sont solidement branchés et vérifier que les câbles sont en bon état.
4. Vérifier si les connecteurs ont des broches courbées ou manquantes. Si l'enregistreur est doté d'un bloc d'interface SDI distinct, s'assurer que les connecteurs en D à 9 broches sont exempts de saleté.
5. Réparer ou remplacer les câbles et connecteurs endommagés.

6. Vérifier l'alimentation (batterie de 12 volts) à l'aide d'un voltmètre afin de s'assurer que la tension sous charge est adéquate. Une batterie à électrolyte gélifié de 5 ampères/heure totalement chargée convient aux travaux en atelier.

4.2.2 Configuration du système de communications pour PC

Le câble de communication de l'enregistreur se branche au port série du PC. Ce port est constitué d'un connecteur mâle en D à 9 ou 25 broches, habituellement situé à l'arrière de l'ordinateur. Le câble de communication exige un maximum de trois fils : un fil pour l'émission des données, un fil pour la réception des données et un fil de terre. Vérifier le câble de communication en consultant le schéma de câblage dans le manuel du fabricant, afin de s'assurer qu'il est correctement branché. DE NOMBREUSES HEURES DE TRAVAIL SE SONT PERDUES EN RAISON D'UN CÂBLE DÉFECTUEUX OU MAL BRANCHÉ.

Afin que l'enregistreur puisse communiquer avec le PC, un logiciel de communication correctement paramétré doit résider dans l'ordinateur. Plusieurs logiciels disponibles sur le marché feront parfaitement l'affaire. Le logiciel le plus populaire qu'utilise la DRHC est Procomm, dont la version la plus récente est Procomm Plus pour Windows ©. Microsoft Windows 3.1 et Windows 95 © contiennent aussi un programme qui convient fort bien aux communications de base.

Sutron et Valcom fournissent un logiciel de communications maison avec leurs produits.

L'établissement des communications exige le préréglage de paramètres initiaux :

port série,	débit en bauds,	bits de données, parité,	bits d'arrêt.

Ces paramètres se règlent souvent comme suit :

port série 2,	9 600 bauds,	8 bits de données, parité nulle,	1 bit d'arrêt.

Les paramètres peuvent varier selon l'enregistreur. Voir les paramètres d'initialisation dans le manuel de l'enregistreur.

4.2.3 Alimentation et initialisation

Les branchements initiaux de l'alimentation doivent s'effectuer dans l'ordre suivant :

- Brancher solidement le câble d'alimentation à la batterie de 12 volts, en prenant soin de respecter les polarités.
- Brancher le câble d'alimentation à l'enregistreur. Si l'enregistreur est doté d'une barrette de raccordement retirable, fixer solidement le câble d'alimentation à la barrette, puis raccorder la barrette à l'enregistreur.

NE JAMAIS VISSER DES FILS LIBRES À L'ENREGISTREUR ALORS QUE L'AUTRE EXTRÉMITÉ EST BRANCHÉE À LA SOURCE D'ALIMENTATION — DES ARCS ÉLECTRIQUES POURRAIENT ENDOMMAGER L'ENREGISTREUR OU DES CAPTEURS INTERCONNECTÉS.

L'initialisation de l'enregistreur s'effectue comme suit :

- Brancher d'abord le connecteur femelle du câble de communication au PC, puis brancher le connecteur mâle à l'enregistreur. Si le câble et le logiciel de communication sont correctement configurés, un menu apparaîtra à l'écran du PC. Avec certains enregistreurs, il est nécessaire d'appuyer sur la barre d'espacement du clavier pour que le menu apparaisse.
- Un enregistreur à affichage visuel présente la séquence de départ à l'écran, y compris les résultats du test de mémoire, après quoi il s'arrête. Prendre note des messages d'erreur et se reporter au manuel de l'opérateur afin d'interpréter les codes d'erreur et de trouver les solutions recommandées. Les communications peuvent ensuite s'effectuer directement à partir du clavier et de l'affichage ou à l'aide d'un PC et d'un câble de communication.

4.2.4 Programmation à l'aide de la structure de menu

La plupart des enregistreurs présentent une structure de menu permettant une programmation ordonnée. Grâce à cette structure, l'utilisateur peut voir et exécuter une séquence de programmation à la fois. L'ensemble de la structure renferme tous les éléments nécessaires pour configurer et commander l'enregistreur. L'utilisateur fait défiler le menu vers l'avant ou vers l'arrière à l'aide du clavier du PC ou d'un clavier de base monté sur l'enregistreur pour entrer l'information dont l'enregistreur a besoin afin de recueillir des données. Les structures de menu des instruments Sutron 8200 et Valcom Vedas sont respectivement décrites aux annexes A et B.

4.2.4.1 Ordinateur portable (PC)

La structure de menu s'affiche à l'écran du PC, une catégorie de programmation (écran) à la fois. Tous les blocs de l'information commune peuvent s'afficher simultanément, ce qui permet de suivre plus facilement les étapes de la programmation. Au début, l'utilisateur doit disposer d'une copie de la structure de menu complète afin de pouvoir suivre les diverses étapes de la programmation; après quelques jours d'exercices de programmation, l'utilisateur aura toutefois mémorisé la structure.

4.2.4.2 Clavier

Certains enregistreurs sont dotés d'un clavier de base et d'un affichage d'une ligne permettant la programmation sans PC. Ce système offre une relève utile lorsqu'un PC fonctionne mal ou qu'un froid extrême empêche d'utiliser un PC. Il présente cependant l'inconvénient de n'afficher la structure d'un menu qu'une ligne à la fois, de sorte qu'un utilisateur peut facilement perdre le fil de la programmation. Avec le temps, on s'habitue néanmoins à cette méthode de programmation. Le clavier est souvent du type à tampon tactile et comprend quatre touches à flèche, une touche Enter et une touche ON/OFF. Les touches à flèche font défiler les menus, vers l'avant ou l'arrière et vers le haut ou le bas. La touche Enter signale l'entrée subséquente d'information, effectuée à l'aide des touches à flèche permettant la saisie des caractères alphanumériques.

Le clavier sert uniquement à la programmation. Le transfert des données, dans un sens ou dans l'autre, exige un PC ou une carte RAM spéciale.

5.0 INTERFACE POUR CAPTEURS

5.1 INTERFACE DE DONNÉES POUR CAPTEURS

Les enregistreurs recueillent des données et les gardent en mémoire par ordre de date et d'heure. L'enregistreur obtient des données provenant de capteurs raccordés par câbles par l'intermédiaire de connecteurs uniques. Afin d'accéder aux données provenant des capteurs et de pouvoir les traiter, l'enregistreur doit être doté d'un protocole régissant le matériel et le logiciel. La DRHC utilise l'interface de base SDI-12 pour recueillir des données sur les niveaux d'eau.

5.1.1 SDI-12

Le sigle **SDI-12** désigne une interface numérique série fonctionnant à 1 200 bauds (**S**erial **D**igital **I**nterface **12**00 baud). Les données sont demandées et envoyées en série au débit de 1 200 octets par seconde. En jargon informatique, cela signifie que l'enregistreur demande les données d'un capteur et qu'il transfère l'information séquentielle à une certaine vitesse. Chaque capteur a une adresse alphanumérique unique, est interrogé indépendamment par l'enregistreur à une adresse unique selon un horaire ou un calendrier déterminé et retourne des données de base ou améliorées à l'enregistreur. L'enregistreur peut recueillir des données provenant d'autant de capteurs qu'il y a d'adresses disponibles (A–Z, 0–9) sur une interface SDI-12 unique.

La norme industrielle décrit l'interface SDI-12 comme suit :

L'interface SDI-12 est une interface numérique série à 1 200 bauds. Elle constitue la norme d'interfaçage des enregistreurs de données alimentés par batterie avec des capteurs à microprocesseur conçus pour l'acquisition de données environnementales (EDA).

L'acquisition de ces données s'effectue à l'aide d'un ou de plusieurs capteurs ainsi que d'un enregistreur de données qui recueille et mémorise les données. L'interface SDI-12 établit un protocole de communications normalisé qui permet de transférer des mesures d'un capteur intelligent vers un enregistreur de données. Habituellement, un capteur intelligent exécute des mesures, effectue des calculs fondés sur les lectures brutes des capteurs et indique les données mesurées en unités d'ingénierie. Par exemple, un capteur de pression SDI-12 peut exécuter une série de mesures de pression, établir leur moyenne et indiquer la pression en livres par pouce carré, en pouces de mercure, en bars ou en millibars. Le microprocesseur du capteur effectue les calculs, convertit les lectures du capteur aux unités appropriées et utilise le protocole SDI-12 pour transférer les données vers l'enregistreur.

L'interface SDI-12 présente les avantages suivants :

- les capteurs à microprocesseur peuvent utiliser des algorithmes d'auto-étalonnage uniques et complexes,
- il est possible d'interchanger des capteurs sans reprogrammer l'enregistreur,
- les capteurs sont alimentés par l'intermédiaire de l'interface,
- les capteurs peuvent utiliser des EEPROM (mémoires mortes programmables effaçables électriquement) peu coûteuses pour stocker des coefficients d'étalonnage et d'autres données, ce qui écarte la nécessité d'un étalonnage manuel interne,
- l'interface série normalisée élimine la grande complexité de conception des enregistreurs,
- il est possible de concevoir et de produire des enregistreurs indépendamment du développement futur de capteurs,
- les enregistreurs peuvent être reliés à de multiples capteurs par une interface unique,
- les capteurs peuvent être reliés à de multiples enregistreurs à interface SDI-12,

- les employés qui ont reçu la formation nécessaire sur l'interface SDI-12 pourront utiliser plusieurs enregistreurs et capteurs, car tous sont conformes au même protocole.

5.1.2 *Autres interfaces de données*

Les autres interfaces de données des capteurs de base ne sont pas commandées par microprocesseur. Il s'agit habituellement de capteurs météorologiques et de servitude.

Voici de brèves descriptions des capteurs analogiques et numériques.

- **Analogique** — qui représente des grandeurs numériques par des variables physiques. Dans le cas des capteurs, il est fait référence à une tension ou à une intensité convertie qui varie selon la pression appliquée à un transducteur, la rotation d'un arbre ou la variation de température d'une résistance ou d'une thermistance. La précision d'une interface analogique dépend de la qualité du capteur, de la qualité des circuits électroniques du capteur et de l'enregistreur ainsi que de la résolution du signal, mesurée en bits. Une sortie analogique de dix bits est une sortie analogique pouvant comprendre 2^{10} , soit 1 024 unités, alors qu'une sortie analogique de 12 bits peut comprendre 2^{12} , soit 4 096 unités. Lorsqu'une mesure est exécutée dans la gamme 0–5 volts, une unité représente 5 millivolts dans le cas d'une sortie analogique de 10 bits alors qu'elle représente 1 millivolt dans le cas d'une sortie analogique de 12 bits. Après conversion en mètres d'eau pour un capteur dans la gamme 0–10 mètres, on obtient une résolution de 0,005 m ou 0,001 m. La plupart des enregistreurs sont dotés d'une interface analogique mais la DRHC n'utilise généralement pas d'interface analogique pour les mesures de niveau d'eau.
- **Numérique** — qui représente l'information sous une forme discrète, plutôt que sous une forme analogique permettant les variations continues. Par exemple, une sortie analogique représenterait une température entre 0 et 40 degrés C par une valeur en millivolts dans une gamme de 5 volts, alors qu'une sortie numérique représenterait une température par un nombre décimal ou binaire comportant un nombre déterminé de chiffres, par exemple 25,00 ou 25,82. Les données numériques sont des données analogiques converties au format numérique par un dispositif appelé convertisseur analogique-numérique afin qu'un enregistreur à interface numérique puisse fournir des données sous forme de nombres lisibles. Les données numériques constituent des sorties numériques parallèles ou série. Les définitions en sont données dans l'annexe D, « Glossaire d'électronique ». Les interfaces parallèles et série sont habituellement limitées au nombre d'un capteur par interface et ne sont donc pas aussi polyvalentes que l'interface SDI-12. Les premiers enregistreurs de la DRHC étaient dotés d'une interface parallèle leur permettant d'obtenir des données de générateurs d'impulsions, mais ces instruments sont de moins en moins utilisés.

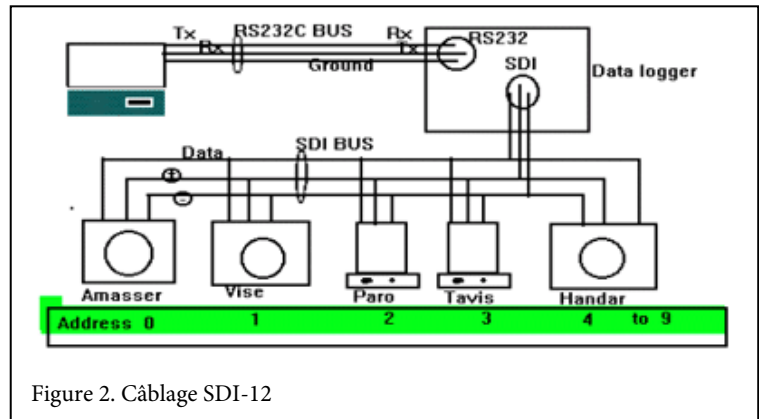
5.2 INTERFACE MATÉRIELLE POUR CAPTEURS

Les enregistreurs ont besoin d'une interface matérielle pour chaque type d'interface de données. Les diverses interfaces matérielles peuvent se monter sur une seule carte imprimée ou sur des cartes différentes qu'il est possible de dépanner ou de mettre à niveau indépendamment. Chaque interface doit être reliée matériellement à chaque capteur, par un connecteur unique ou par une barrette de raccordement.

5.2.1 Câblage

Le protocole SDI-12 exige le branchement de trois fils entre le capteur et l'interface SDI-12 de l'enregistreur, conformément au schéma suivant :

La figure 2 montre le câblage SDI-12 entre un enregistreur de données et deux capteurs. Chaque connexion de l'interface SDI-12 permet le branchement de nombreux capteurs (1-36+).



1. Ligne de 12 volts — l'enregistreur (ou une alimentation externe) fournit entre 9,6 et 16 volts à la ligne de 12 volts, cette tension étant mesurée par rapport à la masse, alors que les capteurs sont traversés par un courant de charge maximal de 0,5 ampère. L'interface SDI-12 n'exige pas que l'enregistreur alimente la ligne de 12 volts.
2. Ligne de terre — la ligne de terre doit être branchée à la masse du circuit et à la prise de terre de l'enregistreur. La masse des capteurs doit également être reliée à la ligne de terre, mais normalement pas à la prise de terre des capteurs. S'il est nécessaire de relier les circuits des capteurs à la prise de terre, un gros fil de terre (de calibre 12 ou plus gros) doit être branché entre la terre des capteurs et la terre de l'enregistreur de données, afin d'assurer une protection contre la foudre.
3. Ligne de données série — la ligne de données série est une ligne bidirectionnelle de transfert de données à trois états. La ligne de données fonctionne en logique négative.

Le capteur SDI-12 doit être raccordé par câble, mais il peut être éloigné d'un maximum de deux kilomètres de l'enregistreur. Lorsque l'enregistreur est très éloigné du capteur, il importe d'éviter que la tension du capteur chute de plus d'un demi-volt. L'augmentation du calibre des fils réduit la chute de tension (loi d'Ohm) sur les grandes distances. Il est possible de calculer la chute de tension exacte, mais de bons résultats ont été obtenus sur un kilomètre avec du fil de calibre 16. Afin d'éviter les chutes de tension sur de grandes distances, on peut installer une source d'alimentation chargée distincte à l'emplacement des capteurs et acheminer les fils de données et de terre jusqu'à l'enregistreur.

5.2.2 Connecteurs

Il n'existe aucune norme relative aux connecteurs SDI-12. Les câbles SDI-12 utilisent la plupart du temps des connecteurs de type D, car ils ne comprennent que peu de broches (9) et ne sont pas très coûteux. La plupart des connecteurs en D ne sont pas étanches et ne doivent être montés qu'à l'intérieur d'un abri étanchéifié. Certains capteurs sont dotés de connecteurs environnementaux de type baïonnette à nombre minimal de broches. Ces connecteurs sont préférables.

Les capteurs sont également dotés de câbles dont une extrémité est ouverte (aucun connecteur), ce qui permet à l'utilisateur de choisir et de fixer le connecteur qu'il préfère. Certains enregistreurs sont dotés d'une barrette de raccordement pour le port SDI-12, ce qui assure des connexions plus universelles. Il importe de prendre des précautions au moment de brancher un capteur SDI-12 à une barrette de raccordement, car l'entrée 12 volts de l'interface SDI-12 est sous tension et l'enregistreur ainsi que le capteur peuvent s'endommager lorsque la connexion est inversée ou court-circuitée.

Il est recommandé de **couper l'alimentation de l'enregistreur avant de brancher le connecteur SDI-12 à une barrette de raccordement** ou d'enlever la barrette de raccordement, de brancher le capteur et de rebrancher la barrette (Sutron).

6.0 CAPTEURS DE DONNÉES

Les capteurs de données recueillent des données sur les niveaux d'eau et transmettent des données à l'enregistreur lorsque celui-ci en fait la demande.

La présente leçon porte sur les **capteurs de niveaux d'eau**. Les capteurs qui utilisent la DRHC sont qualifiés d'intelligents du fait qu'ils contiennent un microprocesseur permettant l'auto-étalonnage, une programmation unique et le dépannage. Les capteurs de niveaux d'eau de la DRHC doivent être munis d'une interface SDI-12.

Deux catégories de capteurs de niveaux d'eau sont utilisées :

1. les codeurs rotatifs qui remplacent les enregistreurs de graphiques analogiques au-dessus d'un puits de mesurage,
2. les transducteurs de pression qui remplacent les enregistreurs de graphiques analogiques branchés à un manomètre au mercure.

6.1 CAPTEURS ACTIVÉS PAR FLOTTEUR – DESCRIPTION GÉNÉRALE ET PRINCIPES

L'activation par flotteur signifie simplement que la hausse ou la baisse du niveau d'eau fait proportionnellement monter ou descendre un flotteur dans un puits de mesurage. L'ensemble à flotteur comprend un câble perlé et un contrepoids de plomb équilibré sur une poulie à circonférence de 375 mm. La poulie est fixée à l'arbre d'un codeur rotatif. Le codeur se trouve habituellement sur l'étagère.

Le codeur rotatif est un codeur optique à incrémentation doté d'une source à DÉL (diode électroluminescente) avec lentille, de détecteurs intégrés, et d'une roue codée qui tourne entre un émetteur et un détecteur. Le codeur est disponible avec de multiples résolutions, la plus courante produisant 384 impulsions de comptage par tour. Un minimum de 375 impulsions de comptage par tour est nécessaire pour produire la résolution de 1 mm dont a besoin la DRHC. Le codeur à 384 impulsions de comptage offre une résolution de 0,98 mm, mais des incréments de 1 mm sont normalement affichés. La roue codée est reliée à un arbre d'acier inoxydable qui tourne sur des roulements de précision situés dans le boîtier du codeur. Un ensemble à poulie et une poulie de 375 mm sont fixés à l'arbre. L'ensemble codeur se trouve dans un boîtier de protection contre les conditions ambiantes, fixé à l'étagère de l'abri des instruments.

6.1.1 Codeurs rotatifs

Les codeurs rotatifs les plus courants qui utilisent la DRHC sont de type Valcom VISE (Valcom Incremental Shaft Encoder) et W.P. Thomas AMASSER. Les deux instruments offrent une résolution de codage de 1 mm, sont dotés d'une batterie de secours, ont une portée de +/- 30 mètres et contiennent des capteurs intelligents SDI-12. Ces codeurs se sont avérés fiables et figurent sur la liste des produits approuvés. D'autres codeurs rotatifs sont disponibles et seront approuvés une fois qu'ils offriront une résolution de 1 mm.

Le codeur rotatif se branche et se programme de la façon décrite ci-dessous. Les instructions qui suivent sont de nature très générale. Voir le manuel d'instructions ou la fiche de montage rapide qui accompagne chaque instrument.

- *vérifier la tension interne de la batterie avant le montage*
- *s'assurer que l'alimentation de l'enregistreur est débranchée*
- brancher au codeur rotatif l'extrémité correspondante du câble d'interface SDI-12
- brancher à l'enregistreur l'extrémité correspondante du câble d'interface SDI-12
- *mettre la batterie sous tension*

- à partir de l'enregistreur, accéder au codeur rotatif par une communication SDI-12 directe
- déterminer l'adresse SDI-12 du codeur rotatif
- sélectionner l'adresse requise
- régler la rotation et les autres valeurs requises
- régler le décalage selon les besoins
- activer la batterie de secours afin d'empêcher la remise à zéro du codeur rotatif en cas de panne de courant momentanée
- programmer l'enregistreur pour accéder au codeur rotatif dans l'intervalle de temps prescrit.

AVANT DE DÉBRANCHER UN CODEUR ROTATIF D'UNE SOURCE D'ALIMENTATION DE 12 VOLTS, NE PAS OUBLIER DE DÉBRANCHER LA BATTERIE DE SECOURS. LA PLUPART DES BATTERIES DE SECOURS NE DURENT QUE QUELQUES JOURS SANS ALIMENTATION PRINCIPALE. PRENDRE GARDE DE NE PAS LAISSER TOMBER CET INSTRUMENT. UN ARBRE DÉFORMÉ OSCILLE ET NE TOURNE PAS LIBREMENT, CE QUI PEUT PRODUIRE DES DONNÉES ERRONÉES.

6.2 CAPTEURS ACTIVÉS PAR PRESSION – DESCRIPTION GÉNÉRALE ET PRINCIPES

Les capteurs activés par pression fournissent des données sur les niveaux d'eau aux emplacements où il est peu pratique ou trop coûteux d'installer des puits de mesurage. Ces capteurs remplacent le manomètre au mercure et peuvent faire usage du même bulleur d'azote gazeux et du même système d'orifice pour contrôler la hauteur d'eau. Ils peuvent également se brancher à un contrôleur de 12 V à sortie pneumatique. Les capteurs activés par pression peuvent se monter dans un abri d'instruments ou sur le lit des cours d'eau, selon l'application.

Un capteur activé par pression est un transducteur de pression qui, lorsqu'il est alimenté, produit en sortie un signal analogique ou numérique dont la valeur varie selon la hauteur de l'eau au-dessus de l'orifice de prise de pression. Un microprocesseur analyse le signal, étalonne la sortie en fonction de la température obtenue d'une thermistance sur carte, convertit le signal en unités d'ingénierie et transmet les données par une interface SDI-12 au moment où un enregistreur effectue une demande de données.

Un capteur peut être activé par la pression absolue ou différentielle.

- La pression absolue combine la pression atmosphérique et la pression de l'eau au-dessus de l'orifice de prise de pression. Un baromètre est nécessaire pour soustraire la pression atmosphérique et procurer une indication correspondant au niveau d'eau.
- La pression différentielle est la pression de l'eau au-dessus de l'orifice de prise de pression, due uniquement au fait que le capteur est mis à l'air libre.

6.2.1 Capteurs non submersibles activés par pression

Un capteur non submersible activé par pression différentielle se monte dans un abri d'instruments, en remplacement du manomètre au mercure. Les capteurs activés par pression qu'utilise le plus souvent la DRHC sont des types Tavis DISI (Digital Interface Staging Instrument) 1200 et Sutron Accubar. Les deux instruments se sont révélés fiables et répondent aux besoins de la DRHC. L'appareil DISI est offert pour de multiples niveaux d'eau, de 2 à 40 mètres, ce qui permet de tenir compte de la gamme prévue des niveaux d'eau et d'obtenir une plus grande précision. D'autres capteurs activés par pression sont disponibles ou en cours de développement.

Le capteur activé par pression se branche et se programme de la façon décrite ci-dessous. Les instructions qui suivent sont de nature très générale. Voir le manuel d'instructions ou la fiche de montage rapide qui accompagne chaque instrument.

- *vérifier la tension interne de la batterie avant le montage*
- *s'assurer que l'alimentation de l'enregistreur est débranchée*
- brancher au capteur l'extrémité correspondante du câble d'interface SDI-12
- brancher à l'enregistreur l'extrémité correspondante du câble d'interface SDI-12
- *mettre la batterie sous tension*
- à partir de l'enregistreur, accéder au capteur par une communication SDI-12 directe
- déterminer l'adresse SDI-12 du capteur
- sélectionner l'adresse requise
- régler les unités, le décalage et les autres valeurs requises
- programmer l'enregistreur pour accéder au capteur dans l'intervalle de temps prescrit.

PRENDRE GARDE DE NE PAS LAISSER TOMBER CET INSTRUMENT. LES DIAPHRAGMES SONT EXTRÊMEMENT DÉLICATS ET PEUVENT FACILEMENT S'ENDOMMAGER. NE PAS PERDRE DE VUE LA GAMME DE PRESSION DE CHAQUE INSTRUMENT.

PRENDRE GARDE DE NE PAS SOUMETTRE CET INSTRUMENT À UNE TROP FORTE PRESSION, CAR LES SURPRESSIONS PEUVENT ENDOMMAGER UN CAPTEUR TRÈS COÛTEUX. À NOTER QUE CERTAINS CAPTEURS COMPORTENT UNE SOUPAPE DE SÛRETÉ, QUI PROTÈGE LE DIAPHRAGME.

6.2.2 Capteurs submersibles activés par pression

Le capteur submersible se monte sur le lit d'un cours d'eau et n'a pas besoin de système bulleur, ce qui élimine le besoin d'azote gazeux et de la tuyauterie de transport. Le capteur se monte sur un bloc d'orifice, le câble d'attache étant fixé à la rive, au-dessus de la laisse de crue, afin de permettre la récupération. Un câble SDI-12 étanche est fixé au capteur activé par pression, et une ligne en PVC est raccordée à l'orifice de mise à l'air libre afin de procurer une indication de pression différentielle. Le Tavis DISI 1210 est le seul capteur submersible qu'utilise la DRHC en grande quantité. Le DISI 1210 est unique du fait qu'il peut également s'utiliser dans les modes absolu et différentiel et qu'il peut se convertir en capteur submersible ou non submersible.

Le capteur submersible activé par pression s'installe sur le terrain, et il se branche et se programme de la façon décrite ci-dessous. Les instructions qui suivent sont de nature très générale. Voir le manuel d'instructions ou la fiche de montage rapide qui accompagne chaque instrument.

- *s'assurer que l'alimentation est coupée*
- brancher le câble d'interface SDI-12 étanche au connecteur sous-marin du capteur
- raccorder au capteur le tube en PVC de mise à l'air libre
- fixer un câble d'attache au cordon d'amarrage du capteur
- regrouper les trois câbles à l'aide d'attaches de plastique
- de préférence, fixer le montant vertical du capteur à un bloc d'orifice
- abaisser le capteur jusqu'au niveau du lit du cours d'eau à partir d'une embarcation ou de la rive ou faire appel à un plongeur pour le positionnement
- acheminer le câble jusqu'à la rive et l'enfouir sous terre jusqu'à l'abri des instruments

- acheminer le câble à l'intérieur de l'abri des instruments et fixer le connecteur SDI-12 approprié au câble
- faire monter le tuyau de mise à l'air libre jusqu'à la moitié du mur de l'abri des instruments, former un U inversé afin d'empêcher l'humidité de pénétrer dans le tuyau et fixer le tuyau à deux ou trois endroits
- fixer le câble d'attache à un poteau ou à un arbre
- brancher à l'enregistreur l'extrémité correspondante du câble d'interface SDI-12
- *mettre la batterie sous tension*
- à partir de l'enregistreur, accéder au capteur par une communication SDI-12 directe
- déterminer l'adresse SDI-12 du codeur rotatif
- sélectionner l'adresse requise
- régler les unités, le décalage et les autres valeurs requises
- programmer l'enregistreur pour accéder au capteur dans l'intervalle de temps prescrit.

ATTENTION ! INSTALLER LE « CAPTEUR » SUBMERSIBLE DANS UN ENDROIT SÛR. NE PAS L'EXPOSER À DES COURANTS FORTS OU À L'ACTION ÉROSIVE DE LA GLACE OU DES DÉBRIS. CET INSTRUMENT EST COÛTEUX ET DOIT ÊTRE PROTÉGÉ.

7.0 FRÉQUENCE D'ÉCHANTILLONNAGE

Il est essentiel de programmer la fréquence appropriée d'échantillonnage des données dans l'enregistreur afin d'obtenir des données précises sur les niveaux d'eau. Un intervalle d'échantillonnage trop long peut entraîner l'omission de pointes et de creux importants, alors qu'un intervalle trop court met inutilement en mémoire des données redondantes. Le choix de la fréquence d'échantillonnage peut dépendre de l'emplacement et de la saison. Il est important de se familiariser avec les fluctuations quotidiennes et saisonnières du niveau d'eau à l'emplacement de surveillance afin de programmer la fréquence d'échantillonnage optimale. La plupart des instruments permettent les enregistrements en fonction du temps et des événements.

7.1 ENREGISTREMENT EN FONCTION DU TEMPS

L'enregistrement en fonction du temps est le plus courant et le plus simple. L'enregistreur est programmé pour obtenir les données d'un capteur de niveaux d'eau à intervalles prédéterminés. Il est proposé d'enregistrer une lecture instantanée par heure, à l'heure exacte, et au moins une lecture du maximum et du minimum instantanés sur cinq minutes par jour (00:00–23:55). Il s'agit là d'une exigence de base. Certains emplacements peuvent nécessiter des enregistrements plus fréquents qu'une fois par heure et des lectures de maximum/minimum plus nombreuses qu'une par jour.

La méthode d'enregistrement horaire et de maximum/minimum quotidiens offre une représentation exacte du comportement réel des niveaux d'eau sans créer d'importants volumes de données brutes (26 lectures par jour). L'utilisation de lectures instantanées à une fréquence prédéterminée maintient l'homogénéité des données HYDAT et ne compromet pas les théories et méthodes de calcul des données à partir de lectures réelles pondérées en fonction du temps. Les lectures de maximum/minimum seront disponibles dans les cinq minutes suivant l'occurrence et garantiront l'homogénéité du fichier des POINTES instantanées.

En atelier, expérimenter avec différents intervalles de temps et de maximum/minimum afin de déterminer leur effet sur la qualité des données et la capacité de l'enregistreur. Utiliser une colonne d'eau pour faire varier le niveau.

7.2 ENREGISTREMENT EN FONCTION DES ÉVÉNEMENTS

La plupart des enregistreurs permettent l'enregistrement en fonction des événements, comme processus secondaire d'enregistrement des événements imprévus ou saisonniers. L'enregistreur peut programmer, avec une zone morte, une montée ou une descente de niveau d'eau pour commander le passage à un horaire d'enregistrements plus fréquents.

L'enregistrement en fonction des événements constitue le processus principal, utilisé souvent durant les saisons de faible variation du niveau d'eau, et se caractérise par une zone morte de 1 ou 2 mm. À certains emplacements durant l'hiver, les indications peuvent ne pas dépasser la zone morte durant plus d'une semaine. Il est recommandé d'enregistrer dans ce cas au moins une lecture de niveau d'eau par jour. On vérifie ainsi que l'enregistreur et le capteur fonctionnent correctement, tous les jours durant la période en question.

8.0 ACCÈS AUX DONNÉES ET TRANSFERTS

La collecte de données sur les niveaux d'eau représente une fonction essentielle d'un technicien de la *DRHC*. Il est important que les données soient recueillies de façon ordonnée et professionnelle afin de réduire les risques de pertes de données, de mauvais étiquetage ou d'erreurs. Les paramètres sont transférés vers l'enregistreur, alors que les données sur les niveaux d'eau le sont en provenance de l'enregistreur. Des routines ont été établies en vue de l'exécution correcte et efficace de ces procédures.

8.1 GESTION DES FICHIERS DE DONNÉES

Les données sont transférées à partir des enregistreurs, par l'intermédiaire du port de programmation/série. Les menus de la plupart des enregistreurs sont structurés pour qu'il soit possible d'accéder aux données à l'aide de sous-menus, après quoi il suffit d'enfoncer une série de touches pour lancer le transfert. La plupart du temps, les données sont transférées sur le disque dur d'un PC ou sur une disquette. Des interfaces de carte PCMCIA sont disponibles, mais la *DRHC* n'y a pas recours très souvent. Le PC renferme du logiciel résident comme Procomm et d'autres fichiers Windows servant à stocker les données dans des fichiers étiquetés.

La *DRHC* développe actuellement un système de gestion de fichiers.

8.2 OPTIONS DE TRANSMISSION DE DONNÉES

Trois méthodes donnent accès aux données des emplacements, et la priorité des données détermine la méthode choisie. Les données en temps réel servant à la prévision des inondations, à la gestion des réservoirs ou à d'autres fonctions sont accessibles :

1. par ligne terrestre téléphonique ou par téléphone cellulaire, et
2. par plate-forme de collecte de données (DCP).
3. Les données d'archivage à long terme sont accessibles sur place à l'aide d'un PC.

Les données obtenues par téléphone à partir d'une DCP (sections 8.2.1 et 8.2.2) et stockées dans un fichier au bureau de la *DRHC* sont appelées données de télémesure. Les données obtenues directement d'un enregistreur à l'aide d'un PC (section 8.2.3) et copiées dans un fichier du bureau de la *DRHC* sont appelées données d'enregistreur.

8.2.1 Ligne terrestre téléphonique/téléphone cellulaire/MSAT (système mobile à satellite)

Pour accéder à un enregistreur par téléphone, il est nécessaire d'installer un modem interne ou externe et de le brancher à un port de communication et à une ligne téléphonique. La plupart des enregistreurs sont dotés en option de modems internes adaptés qui tirent leur alimentation de l'enregistreur. Un jack téléphonique ou un connecteur unique permet le branchement à la ligne téléphonique.

On peut accéder à l'enregistreur à partir d'un bureau équipé d'un PC à modem interne ou externe. Les communications avec l'emplacement éloigné s'effectuent à l'aide d'un logiciel pour circuits commutés comme Procomm. Lorsqu'on entre en communication avec l'emplacement éloigné, la structure de menu de l'enregistreur s'affiche à l'écran du PC. Les données sont transférées comme à l'emplacement, mais parfois moins vite du fait que le débit des données est souvent limité à un nombre maximal de bauds.

Les emplacements éloignés non dotés de lignes téléphoniques sont accessibles par téléphone cellulaire, si une

couverture cellulaire est disponible, ou par téléphone MSAT. Ces deux méthodes sont coûteuses, nécessitent du matériel supplémentaire et consomment beaucoup plus d'énergie.

Les données peuvent également être transférées au bureau par ligne téléphonique à l'aide du logiciel d'acquisition NewLeaf. Les données sur les niveaux d'eau peuvent être transférées manuellement ou par composition automatique à intervalles réguliers.

8.2.2 Plate-forme de collecte de données (DCP)

La plate-forme de collecte de données (DCP) sert à obtenir les données en temps réel des emplacements éloignés dans les cas où aucun accès téléphonique n'est disponible. La plupart des enregistreurs offrent en option un émetteur DCP interne qui obtient des données d'un canal série et les achemine par une antenne vers l'un des trois satellites géostationnaires situés à l'équateur. La *DRHC* a recours au satellite environnemental GOES (satellite opérationnel géostationnaire de l'environnement), exploité par le NESDIS (National Environmental Satellite, Data and Information Service), près de Washington, aux États-Unis. Le NESDIS reçoit les données et les envoie par ligne terrestre au centre de service de l'utilisateur.

Les données peuvent également être transférées au bureau par les satellites GOES et AMIS (système d'information météorologique du Service de l'environnement atmosphérique) à l'aide du logiciel d'acquisition NewLeaf. Les données sont transmises à intervalles réguliers par l'enregistreur et reçues au bureau à l'aide d'une antenne parabolique à satellite.

8.2.3 Transfert direct

Les données nécessaires à long terme, et non pour des applications immédiates, sont transférées directement vers un PC de l'emplacement, à l'aide du système de gestion de fichiers de la *DRHC*.

9.0 ALIMENTATION

Pour fonctionner correctement, les enregistreurs et leurs capteurs ont besoin d'une alimentation stabilisée adéquate. Les défaillances des enregistreurs et les pertes de données résultantes sont principalement dues à des problèmes d'alimentation. Les exigences d'alimentation des enregistreurs varient selon l'application mais, en général, les enregistreurs ont besoin d'une source constante d'alimentation c.c. entre 11,5 et 14,0 volts.

L'alimentation produite par une batterie d'accumulateurs et un système de charge doit être constante, exempte de pointes de tension et d'autres transitoires et être à même de supporter les variations quotidiennes et saisonnières de la charge. L'alimentation diffère selon que les applications sont éloignées ou locales. La conception de l'alimentation d'un enregistreur et des capteurs doit comprendre l'établissement d'un budget d'alimentation.

9.1 STATIONS ÉLOIGNÉES

Les stations éloignées, sans alimentation de 120 volts, nécessitent une planification minutieuse pour tenir compte des exigences de charge quotidiennes et saisonnières. L'alimentation de base d'une station éloignée comprend les éléments suivants :

- batterie scellée à électrolyte gélifié ou au plomb, utilisable durant toutes les saisons,
- chargeur de panneau solaire adapté à la batterie et à la consommation de courant durant toutes les saisons,
- régulateur solaire à semiconducteurs fournissant une tension constante durant toutes les saisons,
- câblage de la grosseur appropriée, correctement marqué (codé par couleurs) et terminé (serti et soudé),
- dispositif approprié de mise à la terre et de protection contre la foudre.

Les facteurs suivants sont à envisager au moment d'établir un budget d'alimentation :

- courant consommé par l'enregistreur dans le mode de fonctionnement,
- courant consommé par l'enregistreur dans le mode de repos,
- temps en minutes durant lequel l'enregistreur est dans le mode de fonctionnement et dans le mode de repos sur une période de 24 heures,
- courant consommé par tous les capteurs dans le mode de fonctionnement,
- courant consommé par tous les capteurs dans le mode de repos,
- temps en minutes de fonctionnement et de repos sur une période de 24 heures,
- courant consommé par le régulateur solaire,
- s'il y a lieu, courant consommé par un dispositif émetteur durant l'émission,
- s'il y a lieu, durée en minutes de la période de fonctionnement du dispositif émetteur chaque jour,
- période en jours durant laquelle les heures de clarté sont à un minimum,
- période en jours durant laquelle la température est à un minimum.

Les installations éloignées exigent une planification minutieuse pour la conception et l'installation d'une alimentation, car les visites à l'emplacement peuvent être peu fréquentes et une alimentation inadéquate peut occasionner une longue période de perte de données. Ne pas utiliser d'équipement de qualité médiocre, particulièrement pour ce qui est des batteries.

AUX EMPLACEMENTS ÉLOIGNÉS, NE PAS UTILISER DE PILES LIQUIDES NI DE BATTERIES USAGÉES QUI N'ONT PAS ÉTÉ SOUMISES À UN ESSAI SOUS CHARGE.

9.2 STATIONS LOCALES

Les stations locales disposant d'une alimentation de 120 volts nécessitent une batterie à électrolyte gélifié de 5–25 ampères-heures et un chargeur adapté à ce genre de batteries. La batterie sert surtout de tampon d'alimentation du système de charge, mais elle constitue la première source d'alimentation lorsque l'alimentation principale tombe en panne. Si les interruptions de courant sont fréquentes, choisir une batterie capable de débiter une alimentation de secours durant un maximum de trois jours. Il est parfois nécessaire de prévoir une régulation supplémentaire pour les longues lignes rurales dont la tension peut fluctuer entre 100 et 130 volts. Il importe de mettre correctement à la terre l'alimentation, l'enregistreur et les capteurs afin de prévenir tout dommage causé par des surtensions et par la foudre.

NE PAS UTILISER DE BATTERIES AU PLOMB POURVUES D'UN ÉVENT, SURTOUT DANS LES ABRIS D'INSTRUMENTS CHAUFFÉS, CAR LES VAPEURS D'ACIDE POURRAIENT CORRODER LE MÉTAL EXPOSÉ.

10.0 INSTALLATION AUX EMPLACEMENTS

Chaque exercice de formation doit, dans la semaine qui suit la présentation de la leçon, comprendre une **visite** destinée à fournir aux stagiaires de l'expérience pratique sur l'installation de l'équipement.

Cette visite est très importante, car elle consolidera les connaissances théoriques acquises en classe. Fournir l'ensemble de l'équipement, des manuels et de la documentation nécessaire à l'exercice sur le terrain.

Veiller à aborder les sujets suivants au moment de la visite :

- déballage et contrôle du stock,
- position et montage de l'enregistreur dans l'abri des instruments,
- position et montage des capteurs et de leurs accessoires,
- position et montage de l'alimentation et de ses accessoires,
- vérification de l'alimentation,
- mise à la terre et protection contre la foudre,
- interconnexion de l'enregistreur et des capteurs,
- séquence initiale de mise sous tension,
- mise en marche du PC et lancement du logiciel de communication,
- établissement des communications,
- programmation de l'enregistreur et des capteurs,
- transfert d'un programme provenant de l'enregistreur,
- vérification des données provenant de capteurs,
- vérification de l'enregistrement,
- installation, interfaçage et vérification des dispositifs de communication,
- initialisation ou mise à jour du registre de l'équipement qui doit rester sur les lieux.

Se reporter aux manuels et à la documentation de configuration rapide, à chaque étape de l'installation.

11.0 MAINTENANCE ET RÉPARATION

Le recours aux enregistreurs n'a pas réduit la peur de perdre des données et, dans certains cas, il a même accru cette peur du fait que les données sont intangibles, sauf dans le cas des affichages visuels. Il est donc impératif de préparer et de respecter un calendrier de maintenance préventive et de dépannage.

La maintenance préventive doit se dérouler conformément à un calendrier propre à chaque emplacement. Une fois exécutées, les étapes de la maintenance de base indiquées ci-dessous doivent être marquées dans le registre des emplacements :

- vérifier tous les fils et câbles afin de détecter les signes de détérioration et d'usure,
- s'assurer que toutes les bornes sont bien serrées et solides,
- vérifier la batterie et le circuit de charge à l'aide d'un volt-ohmmètre,
- charger la batterie d'essai tous les six mois,
- vérifier tous les raccords à pression afin de détecter les fuites.

Le dépannage de base peut s'effectuer aux emplacements. Chaque manuel du fabricant renferme une section à ce sujet, et la DRHC a préparé un manuel sur le dépannage de base et les visites aux emplacements. Chaque technicien doit transporter cette documentation avec lui et, si cela semble commode, en laisser également un exemplaire dans un cartable à chaque emplacement.

Si un problème semble grave, ne pas démonter ni enlever de cartes imprimées, car d'autres dommages pourraient se produire. Dans la mesure du possible, il est recommandé de transporter de l'équipement de rechange et de remplacer des instruments complets afin de réduire les risques de perte de données.

NE PAS OUBLIER — PRESQUE TOUTES LES DÉFAILLANCES D'ÉQUIPEMENT ONT TRAIT À DES PROBLÈMES D'ALIMENTATION !!

12.0 RÉSUMÉ

Le technicien devrait maintenant connaître très bien les divers éléments d'un système EDAS. Il devrait être à même d'effectuer en toute sécurité l'installation, la maintenance, l'essai, le dépannage et les réparations mineures de l'EDAS. La récupération et la sauvegarde des données devraient être devenues des procédures courantes.

Grâce à cette formation, le technicien devrait être capable d'adopter de nouveaux éléments à mesure qu'ils sont développés pour des levés hydrométriques.

13.0 MANUELS ET RÉFÉRENCES

13.1 MANUELS

- Énergie, Mines et Ressources Canada (1991), Manuel de conception des systèmes photovoltaïques
- Environnement Canada (1996), Système photovoltaïque, Considérations sur les enregistreurs de données VEDAS et DCP à distance
- Manuel de Valcom à l'intention des opérateurs et programmeurs, Version n° 3 du logiciel (1994)
- Manuel de l'opérateur du Sutron 8310/8200A (1996)

13.2 RÉFÉRENCES

- Environnement Canada (1995), Field Tips

13.3 PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT PROFESSIONNEL

Leçon 5.0 – « Mesure du niveau d'eau – Aperçu des systèmes d'enregistrement »

Leçon 5.1 – « Mesure du niveau d'eau (capteurs à flotteur) »

ANNEXE A : STRUCTURE DE MENU – SUTRON 8200

Main Menu	Upload/Download Data Menu	Goes Radio Random Setup Menu
N – Unit Name	D – Start Date	1 – Channel (RR)
D – Set Date	P – Protocol	2 – TX Normal Rate (RR)
T – Set Time	A – Auto Dump	3 – TX Alarm Rate (RR)
R – Recording Status	C – Send to Ram Card	4 – # TX/Alarm (RR)
C – Clear Alarm	S – Send to Serial Port or Modem	5 – Alarm Interval (RR)
V – View Sensor Data	R – Read Setup from Ram Card	6 – # Data Items/TX (RR)
S – System Setup Options	W – Write Setup to Ram Card	7 – Data Time (RR)
U – Upload/Download Data	T – Transfer Setup	8 – Data Interval (RR)
E – EEROM Setup Options	B – Transfer Basic Program	<i>Choose :</i>
P – Protocol Setup Options	Y – Ymodem Ram card File(s)	
M – Modem Setup Options	I – Transfer Raw Ram Card Image	
G – GOES Radio Setup	V – View Ram Card Directory	
I – Inspect System	E – Erase Ram Card	
A – Application Menu	<i>Choose :</i>	
X – Exit		
<i>Choose :</i>		
View Sensor Data Menu	EEROM Setup Menu	Alarm Options
L – Live Data	M – Serial Port Mode	E – Enable
N – Newest Data	U – User Baud Rate	G – Groups
O – Oldest Data	R – Radio (LOS) Baud Rate	

A – Alarm Status
<i>Choose :</i>

C – Com Baud Rate
T – Transfer Baud Rate
S – SDI-12 Baud Rate
E – Enter Key Required
D – Log Dump Mode
L – User Time Limit (sec)
O – Power on Delay (10*ms)
P – Pressure Delay (10*ms)
A – Analog Delay (10*ms)
K – Auto Startup Keys
1 – Time Format
2 – Data Format
B – Basic Prog Size (KB)
<i>Choose :</i>

C – Control
1 – High Alarm
2 – Low Alarm
3 – ROC Alarm
Alarm Limits
H – High Limit
L – Low Limit
R – ROC Level
B – Deadband
Alarm Phrases
P – Prefix (Name)
S – Suffix (Units)

System Setup Menu
M – Measurement Schedules
E – Enable Sensors
C – Configure Sensors
A – Alarm Options
B – Basic Program

Protocol Setup Menu
M – Master Name
C – Carrier Delay (.1s)
R – Reply Delay (.1s)
A – Ack Delay (.1s)
1 – TX Normal Rate

Modem Setup Menu
D – Dial-Out Enable
A – Answer Mode
N – Number of Rings
P – Phone Password
I – Dial-in Message

P – Change Password
I – Init Setup
Z – Zero Counters
<i>Choose :</i>

2 – TX Alarm Rate
3 – Retry Interval
N – Number of Retries
U – Use RS-485 w/SDI-12
L – Long SP Packets
H – H/W Handshake on COM
<i>Choose :</i>

O – Dial-out Message
1 – Phone #1
2 – Phone #2
3 – Phone #3
R – Redial Delay
<i>Choose :</i>

Measurement Schedules
M – Measurement Interval
I – Sampling Interval
T – Measurement Time
S – Sampling Time
P – Switched Power Time
A – Samples to Average
L – Measurements per Log
B – Basic Run Interval
R – Basic Run Time
O – Switched Power Options
<i>Choose :</i>

Inspect System Test
S – Perform Selftest
D – Display Status
C – Clear Status
E – Enter SDI-12 Commands
T – Talk to Modem or Terminal
G – GOES Radio Test
M – Monitor SSP Communications
P – Production Test
<I>Choose ;:</I>
FRONTPANEL ONLY :
Test LOS Radio
Transmit Status

Configuration
M – Measure
L – Log
A – Average
I – Interval
Calibration
V – Value
S – Slope
O – Offset
E – Elevation
R – RightDigits

Goes Radio Setup Menu
T – Transmit Mode
S – Satellite ID
I – International
F – Format (ST)
C – Carrier (ST)
1 – Channel (ST)
2 – TX Time (ST)
3 – TX Rate (ST)
4 – # Data Items/TXX (ST)
5 – Data Time (ST)
6 – Data Interval (ST)
R – Random Setup Menu
<i>Choose :</i>

Main Menu N – Unit Name D – Set Date T – Set Time R – Recording Status C – Clear Alarm V – View Sensor Data S – System Setup Options U – Upload/Download Data E – EEROM Setup Options P – Protocol Setup Options M – Modem Setup Options G – GOES Radio Setup I – Inspect System A – Application Menu X – Exit <i>Choose :</i>	Upload/Download Data Menu D – Start Date P – Protocol A – Auto Dump C – Send to Ram Card S – Send to Serial Port or Modem R – Read Setup from Ram Card W – Write Setup to Ram Card T – Transfer Setup B – Transfer Basic Program Y – Ymodem Ram card File(s) I – Transfer Raw Ram Card Image V – View Ram Card Directory E – Erase Ram Card <i>Choose :</i>	Goes Radio Random Setup Menu 1 – Channel (RR) 2 – TX Normal Rate (RR) 3 – TX Alarm Rate (RR) 4 – # TX/Alarm (RR) 5 – Alarm Interval (RR) 6 – # Data Items/TX (RR) 7 – Data Time (RR) 8 – Data Interval (RR) <i>Choose :</i>
View Sensor Data Menu L – Live Data N – Newest Data O – Oldest Data A – Alarm Status <i>Choose :</i>	EEROM Setup Menu M – Serial Port Mode U – User Baud Rate R – Radio (LOS) Baud Rate C – Com Baud Rate T – Transfer Baud Rate S – SDI-12 Baud Rate E – Enter Key Required D – Log Dump Mode L – User Time Limit (sec) O – Power on Delay (10* ms) P – Pressure Delay (10* ms) A – Analog Delay (10* ms) K – Auto Startup Keys 1 – Time Format 2 – Data Format B – Basic Prog Size (KB) <i>Choose :</i>	Alarm Options E – Enable G – Groups C – Control 1 – High Alarm 2 – Low Alarm 3 – ROC Alarm Alarm Limits H – High Limit L – Low Limit R – ROC Level B – Deadband Alarm Phrases P – Prefix (Name) S – Suffix (Units)
System Setup Menu M – Measurement Schedules E – Enable Sensors C – Configure Sensors A – Alarm Options B – Basic Program	Protocol Setup Menu M – Master Name C – Carrier Delay (.1s) R – Reply Delay (.1s) A – Ack Delay (.1s) 1 – TX Normal Rate	Modem Setup Menu D – Dial-Out Enable A – Answer Mode N – Number of Rings P – Phone Password I – Dial-in Message

P – Change Password I – Init Setup Z – Zero Counters Choose :	2 – TX Alarm Rate 3 – Retry Interval N – Number of Retries U – Use RS-485 w/SDI-12 L – Long SP Packets H – H/W Handshake on COM Choose :	O – Dial-out Message 1 – Phone #1 2 – Phone #2 3 – Phone #3 R – Redial Delay Choose :
Measurement Schedules M – Measurement Interval I – Sampling Interval T – Measurement Time S – Sampling Time P – Switched Power Time A – Samples to Average L – Measurements per Log B – Basic Run Interval R – Basic Run Time O – Switched Power Options Choose :	Inspect System Test S – Perform Selftest D – Display Status C – Clear Status E – Enter SDI-12 Commands T – Talk to Modem or Terminal G – GOES Radio Test M – Monitor SSP Communications P – Production Test Choose : FRONTPANEL ONLY : Test LOS Radio Transmit Status	
Configuration M – Measure L – Log A – Average I – Interval Calibration V – Value S – Slope O – Offset E – Elevation R – RightDigits	Goes Radio Setup Menu T – Transmit Mode S – Satellite ID I – International F – Format (ST) C – Carrier (ST) 1 – Channel (ST) 2 – TX Time (ST) 3 – TX Rate (ST) 4 – # Data Items/TXX (ST) 5 – Data Time (ST) 6 – Data Interval (ST) R – Random Setup Menu Choose :	

ANNEXE B : STRUCTURE DE MENU – VALCOM VEDAS

A-1 STRUCTURE DU MENU DE L'INTERFACE UTILISATEUR

Main Menu
<u>Add Task</u> Edit Task Delete Task Condensed Task Display Detailed Task Display <u>System Configuration</u> <u>Operator Mode</u> <u>Diagnostics</u> Site Calibration Save System Parameters

Throughout the Menu system the following keys will always perform the attached function :

Touches	Fonction
ESC (Échappement)	Annule toujours la procédure en cours et ramène l'opérateur au menu d'appel. Au niveau du menu principal, la touche Escape appelle la procédure d'initialisation du système.
BS (Retour arrière)	Supprime toujours l'entrée précédente, le cas échéant.
DEL (Effacement)	Supprime toujours l'entrée précédente, le cas échéant.
CTRL-Y	En réponse à une invite d'entrée de chaîne (étiquette de tâche), la combinaison CTRL-Y efface la chaîne par défaut et indique à l'opérateur la présence d'un tampon vide.
<par défaut>	En réponse à une invite d'entrée de chaîne par l'opérateur, toutes les données numériques par défaut ou précédentes sont indiquées entre les signes « inférieur à » et « supérieur à ». Pour accepter la condition par défaut, l'opérateur n'a qu'à enfoncer la touche ENTER. Si une chaîne alphanumérique d'entrée est nécessaire, la chaîne par défaut ou courante pourra être éditée.

ANNEXE C : DESCRIPTION DE LA SDI-12

La **SDI-12** (*Serial/Digital Interface*) est une interface numérique série à 1 200 bauds. Il s'agit de la norme d'interfaçage des enregistreurs de données alimentés par batterie avec les capteurs à microprocesseur conçus pour l'acquisition des données environnementales (EDA).

L'acquisition s'effectue à l'aide d'un ou de plusieurs capteurs ainsi que d'un enregistreur qui recueille et sauvegarde les données. Le protocole de communications normalisé SDI-12 permet de transférer les mesures entre un capteur intelligent et un enregistreur de données. Habituellement, un capteur intelligent prend des mesures, effectue des calculs fondés sur les lectures brutes des capteurs et indique les données mesurées en unités d'ingénierie. Par exemple, un capteur de pression SDI-12 peut effectuer une série de mesures de pression, établir leur moyenne, puis indiquer la pression en lb/po², en pouces de mercure, en bars et en millibars ou en torrs. Le microprocesseur d'un capteur exécute les calculs, convertit les lectures aux unités appropriées et utilise le protocole SDI-12 pour transférer les données à l'enregistreur.

I. L'interface **SDI-12** est utilisée pour des applications satisfaisant aux exigences suivantes :

1. Alimentation par batterie avec consommation minimale de courant.
2. Utilisation d'un enregistreur de données à capteurs multiples sur un seul câble.
3. Utilisation de capteurs à microprocesseur exécutant des algorithmes d'étalonnage complexes ou des calculs internes.

Ces exigences sont nécessaires à l'acquisition de données hydrologiques aux emplacements éloignés. La plupart des emplacements recourent à des enregistreurs de données alimentés par batterie pour assurer un service durant de longues périodes sans surveillance.

Un microprocesseur interne peut étalonner le capteur, contrôler les mesures et convertir les données brutes en unités d'ingénierie. Le microprocesseur commande aussi l'interface SDI-12. Il reçoit et décode les instructions en provenance de l'enregistreur de données, lance les mesures, régit toute la temporisation et utilise le protocole SDI-12 pour communiquer avec l'enregistreur de données.

II. L'interface multipoints **SDI-12** peut communiquer avec des capteurs multi-paramètres. Une interface multipoints permet de brancher plus d'un capteur SDI-12 à un enregistreur de données. Le bus SDI-12 est essentiellement conçu pour le branchement de dix capteurs, bien qu'il puisse en admettre un plus grand nombre. Certains utilisateurs de SDI-12 raccordent plus de dix capteurs à un enregistreur de données particulier.

Un capteur multi-paramètres peut fournir plus d'une mesure. Par exemple, certains capteurs de contrôle de la qualité de l'eau fournissent des données sur la température, la conductivité, l'oxygène dissous, le pH, la turbidité et la profondeur.

III. L'interface **SDI-12** se prête à des applications industrielles, gouvernementales et agricoles, ainsi que de recherche et de gestion en matière de ressources en eau. Par exemple, la U.S. Geological Survey utilise plus de 4 000 capteurs SDI-12 dans ses réseaux de collecte de données. Il existe des capteurs SDI-12 servant à mesurer :

- l'érosion des ponts
- la conductivité

- l'oxygène dissous
- la distance
- le niveau des eaux souterraines
- les hydrocarbures de pétrole dans l'eau
- le pH
- la pression
- l'oxydo-réduction (potentiel rédox)
- le niveau des réservoirs
- la température
- l'état des marées et de la mer
- la turbidité
- la vitesse de l'eau
- le poids de la neige et de la glace sur un coussin de neige.



Environment
Canada

Environnement
Canada

RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

Cours n° 6 — Servomanomètre (à bulles)

W. Slimmon

Relevés hydrologiques du Canada

Environnement Canada

854 200-4e Avenue, S.E.

Calgary (Alberta)

Canada T2G 4X3

Droits d'auteur © 1999. Tous droits réservés.

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	OBJET ET CONTEXTE	3
2.0	OBJECTIFS	4
3.0	INTRODUCTION	5
3.1	HISTORIQUE	5
3.2	MATIÈRES DANGEREUSES	6
3.2.1	<i>L'azote</i>	6
3.2.2	<i>Le mercure</i>	6
3.3	ENTREPOSAGE ET TRANSPORT DES MANOMÈTRES	7
4.0	LE MANOMÈTRE	8
4.1	INTRODUCTION	8
4.2	LE CIRCUIT DE GAZ	8
4.3	LE SERVOMANOMÈTRE	14
4.4	LA SERVOCOMMANDE	15
4.5	L'ENREGISTREUR	15
4.6	RÉVISION	16
5.0	INSTALLATION ET MISE EN SERVICE	18
5.1	PROTECTION DU MATÉRIEL CONTRE LES INTEMPÉRIES	18
5.2	INSTALLATION DE LA PRISE DE PRESSIION ET DU TUBE D'INJECTION	18
5.3	INSTALLATION DU CIRCUIT DE GAZ	19
5.4	INSTALLATION DU SERVOMANOMÈTRE	20
5.5	INSTALLATION DE LA SERVOCOMMANDE	21
5.6	INSTALLATION DE L'ENREGISTREUR	22
5.7	CALCUL DU DÉBIT DE BULLES	22
5.8	ÉTABLISSEMENT DU DÉBIT DE GAZ INITIAL	22
5.9	RÉGLAGE DU SERVOMANOMÈTRE	23
5.10	VÉRIFICATION DU TEMPS DE RÉACTION	25
5.11	PRÉRÉGLAGE DE L'ENREGISTREUR	25
6.0	ENTRETIEN COURANT	26
6.1	REGISTRE DE LA STATION	26
6.2	ENTRETIEN DU CIRCUIT DE GAZ	28
6.3	ENTRETIEN DU SERVOMANOMÈTRE	29
6.4	ENTRETIEN DE LA SERVOCOMMANDE	31
6.5	ENTRETIEN DE L'ENREGISTREUR	32
6.6	FONCTIONNEMENT HIVERNAL	32
6.7	PURGE DU TUBE D'INJECTION	33
6.8	PRISES DE PRESSIION, TUBES D'INJECTION ET DISPOSITIFS D'ANCRAGE	33
6.8.1	<i>Différentes prises de pression</i>	33

6.8.2	<i>Stabilité du tube d'injection et du dispositif d'ancrage</i>	34
6.8.3	<i>Techniques d'installation</i>	35
7.0	DÉTECTION DES ANOMALIES.....	37
7.1	FUITES DE GAZ.....	37
7.2	FAUSSES ÉLÉVATIONS DU NIVEAU D'EAU	38
7.3	FAUSSES BAISSSES DU NIVEAU D'EAU.....	39
7.4	DÉBIT DE BULLES INSTABLE	39
7.5	INSTABILITÉ DU MANOMÈTRE	40
7.6	FAIBLE SENSIBILITÉ.....	40
7.7	ENREGISTREMENT INÉGAL DES VARIATIONS DU NIVEAU D'EAU	40
7.8	LE MOTEUR PEINE	41
7.9	DÉFECTUOSITÉS ÉLECTRIQUES.....	41
7.10	DÉGEL DES TUBES D'INJECTION.....	41
7.11	GRILLE DE DÉPANNAGE.....	42
8.0	DÉMONTAGE ET EMBALLAGE DU MATÉRIEL	45
9.0	JAUGES	46
10.0	DOCUMENTATION	46
11.0	SOMMAIRE.....	46
12.0	MANUELS ET BIBLIOGRAPHIE	47
12.1	MANUELS PRATIQUES.....	47
12.2	BIBLIOGRAPHIE	47
	ANNEXE A : MERCURE	48

1.0 OBJET ET CONTEXTE

L'un des principaux rôles du technicien en hydrométrie est de recueillir des données quotidiennes sur les niveaux et les débits d'eau en vue de leur publication éventuelle. Pour ce faire, le technicien doit bien comprendre le fonctionnement des instruments dont il se sert pour obtenir ces données.

Le manomètre est fréquemment utilisé pour contrôler l'activité de l'eau. En qualité de technicien de la *Division des relevés hydrologiques du Canada*, il vous incombera de voir à l'installation et au bon fonctionnement d'un tel appareil.

2.0 OBJECTIFS

Le présent cours a pour objet de présenter le servomanomètre au technicien.

A la fin de ce cours, le technicien pourra :

- obtenir, à l'aide d'un enregistreur Stevens A-35 ou A-71 intégré à un servomanomètre, un relevé des variations du niveau d'eau (sous forme de bande graphique à déroulement continu), et documenter les données ainsi recueillies;
- décrire les mesures de sécurité que commande l'utilisation du mercure, les précautions à prendre pour éviter la contamination d'un échantillon, ainsi que la marche à suivre pour assurer la stabilité d'une prise de pression;
- installer un servomanomètre;
- faire fonctionner un servomanomètre;
- procéder à une purge;
- veiller à ce que le tube d'injection soit protégé;
- apporter des corrections mineures au réglage d'un servomanomètre;
- déceler les anomalies pouvant survenir au point de jonction d'un enregistreur Stevens A-35 ou A-71 ou ailleurs dans un servomanomètre, notamment les fuites de gaz, et cerner les problèmes qui empêchent d'obtenir un relevé;
- remplacer les pièces d'un servomanomètre.

3.0 INTRODUCTION

3.1 HISTORIQUE

En général, on fait appel à des sondes de niveau d'eau pneumatiques pour mesurer les niveaux d'eau là où il n'est pas possible ou rentable de construire ou d'utiliser un appareil à flotteur :

- absence de courant électrique en hiver,
- canal sujet à l'envasement, berges rocailleuses,
- berges trop élevées pour y creuser un puits ou encore,
- berges trop basses nécessitant une très longue prise d'eau.

Un système pneumatique convient mieux qu'un système à flotteur aux régions où le froid peut être intense (en particulier si on ne peut pas compter sur une alimentation en courant électrique).

Le manomètre (à bulles) de l'*United States Geological Survey (USGS)* remonte à 1956, et près de 100 appareils de ce genre ont été installés au cours des quelques années qui ont suivi. Ce type de manomètre aurait toutefois connu des ratés et serait vite tombé dans l'oubli, n'eût été la persévérance de quelques techniciens en hydrométrie.

Des sentiments de frustration et de déception ont prévalu jusqu'en 1961, année à laquelle on a mis au point une servocommande à colonne de mercure plus fiable. Même si elle était loin d'être parfaite, cette commande a simplifié le fonctionnement du manomètre et a permis d'analyser plus en détail d'autres problèmes qui y étaient reliés. De 1961 à 1967, des améliorations ont pu être apportées après que divers accessoires aient été mis en marché, utilisés et, enfin, jugés indispensables.

De 1963 à 1967, on a fait l'essai de plusieurs versions commerciales de servocommandes à semi-conducteurs, avec des résultats variant de moyens à faibles. Toutefois, en 1968, une servocommande à semi-conducteurs mise au point à l'interne a contribué à améliorer de beaucoup la collecte des données. De fait, l'avènement de cette commande a rendu inutile l'adoption d'un système de collecte beaucoup plus coûteux et complexe pour éliminer l'agaçant problème de la « perte de sensibilité ».

C'est en 1969 qu'a débuté la conception d'un manomètre amélioré en réponse à des demandes formulées en ce sens; sa mise à l'essai eut lieu en 1971. Même s'il n'est pas parfait, ce nouveau modèle a été jugé acceptable pour toutes les applications sur le terrain.

Appelé **STACOM**, l'appareil en question est le fruit de la première amélioration importante réalisée depuis la mise au point du manomètre par l'USGS. Le terme STACOM est dérivé des mots « stabilized » et « compensated » (en parlant de la température). Il convient de noter que la *Division des relevés hydrologiques du Canada* ne se sert pas du dispositif de compensation de température.

3.2 MATIÈRES DANGEREUSES

MISE EN GARDE !

L'AZOTE GAZEUX SOUS PRESSION ET LE MERCURE SONT CLASSÉS COMME ÉTANT DES MATIÈRES DANGEREUSES.

Le mode de manutention approprié de ces matières sera exposé dans le cours sur le transport des matières dangereuses.

3.2.1 *L'azote*

L'azote (N_2) est un élément naturel qui constitue 78 % de notre atmosphère. Le danger que l'azote représente dans le cadre de nos activités tient du fait que ce gaz est soumis à une forte pression (2 200 lb/po²). La libération soudaine de cette pression suffit pour propulser la bouteille dans laquelle il est comprimé à travers une paroi de l'abri. Aussi importe-t-il qu'une bouteille soit bien bouchée au moment de son transport, et toujours bien fixée, qu'elle soit dans l'abri ou dans l'entrepôt, ou encore durant son transport. Il ne faut pas ouvrir entièrement le robinet dont elle est munie lorsqu'on se trouve dans un endroit fermé, pour éviter toute blessure aux tympans.

3.2.2 *Le mercure*

Le mercure est un métal pur liquide à la température de la pièce. Ce liquide dense et mobile se solidifie à -38 °F (-38,89 °C). Le mercure est un assez bon conducteur de l'électricité et se dilate uniformément. C'est pour ces raisons que le mercure est utilisé dans les manomètres.

Le mercure est toxique et, par conséquent, dangereux. Il se répand rapidement et est difficile à manipuler à l'extérieur d'un contenant. Lorsqu'on en laisse tomber des gouttes, il éclabousse. Sa tension superficielle est inférieure à celle de l'eau. Il adhère aux vêtements et aux chaussures. Si le mercure (qu'il soit sous forme liquide ou en vapeur) vient en contact avec l'acier ou l'aluminium, il produit des vapeurs irritantes, voire toxiques. Lorsqu'on le chauffe, le mercure laisse échapper des vapeurs dangereuses. Il provoque une violente réaction lorsqu'il vient en contact avec certains produits chimiques. La vitesse d'évaporation du mercure dépend de sa température, de la surface d'exposition, de la circulation d'air et de la température atmosphérique.

Le mercure peut pénétrer dans le corps par inhalation, par ingestion ou par absorption cutanée. Il s'accumule dans les organes où prévaut la plus forte irrigation sanguine, tels le foie, les reins et le cerveau. Le mercure s'élimine lentement du cerveau, et des désordres du système nerveux central peuvent persister pendant une certaine période après l'exposition à ce métal.

Les symptômes de l'intoxication au mercure varient d'un goût de métal dans la bouche et de changements de la personnalité, aux tremblements des muscles et aux vomissements. L'empoisonnement au mercure peut être fatal.

Le mercure doit être utilisé dans un endroit bien aéré. Il faut prendre soin de ne pas en renverser; le cas échéant, on doit nettoyer les lieux à l'aide d'un nécessaire homologué à cet effet.

Si on doit donner les premiers soins, éloigner la victime de la source d'empoisonnement. Lui rincer la bouche avant de lui donner du lait ou de l'eau. L'encourager à vomir. Si la personne est inconsciente, la placer en position de réanimation. Si le mercure est venu en contact avec la peau, laver la partie touchée pendant au moins 15 minutes. On doit amener la victime voir un médecin. Voir l'annexe A pour obtenir plus de détails.

3.3 ENTREPOSAGE ET TRANSPORT DES MANOMÈTRES

Les manomètres sont emballés et expédiés dans des caisses en bois. Avant de les emporter sur le terrain, on doit les retirer des caisses, les assembler et les mettre à l'essai en atelier. On doit ensuite les désassembler et les remballer comme ils l'étaient lorsqu'ils ont été reçus du fabricant. On doit les entreposer et les transporter dans leurs caisses d'expédition en bois.

4.0 LE MANOMÈTRE

4.1 INTRODUCTION

Un manomètre (aussi appelé « limnimètre à bulles » et « servomanomètre ») est un instrument qui sert à convertir la pression exercée par une colonne d'eau sur un point fixe en une indication analogique (compteur) ou graphique (lorsque l'instrument est relié à un enregistreur).

Tous les enregistreurs de niveau d'eau à pression fonctionnent suivant le principe que la pression de l'eau exercée sur un point fixe est directement proportionnelle à la quantité d'eau qui se trouve au-dessus de ce point. Un circuit de gaz est utilisé pour transmettre la pression d'un point au-dessous de la surface de l'eau (la prise de pression) jusqu'à un point sur la rive (le manomètre).

Le manomètre de niveau d'eau se compose de trois grands assemblages :

1. Un circuit de gaz, qui fournit un volume constant de gaz en augmentant ou en abaissant la pression à l'intérieur d'un tube afin de compenser la résistance causée par tout changement dans la hauteur de l'eau au-dessus d'une prise de pression. Il s'agit d'une relation linéaire.
2. Un servomanomètre, qui mesure le changement de la pression dans le circuit de gaz et qui, en fonction de cette donnée, fait tourner un arbre qui peut être raccordé à un enregistreur.
3. Une servocommande, dotée d'un amplificateur de courant et d'un temporisateur agissant sur les circuits du moteur d'entraînement.

Les données obtenues grâce à ces assemblages sont transmises à un enregistreur ordinaire, qui produit un relevé graphique à déroulement continu des mesures du niveau d'eau.

En bref, le principe du fonctionnement du servomanomètre est le suivant :

On laisse passer de l'azote gazeux par un tube et on le laisse s'échapper par une prise de pression (communément appelée l'orifice), qui se trouve à une élévation fixe au-dessous de la surface de l'eau. La pression exercée sur le gaz par la colonne d'eau au-dessus de la prise de pression est transmise par le gaz jusqu'au réservoir de contrepression du manomètre. Tout changement dans la hauteur de la colonne d'eau se traduit par un changement dans le réservoir de contrepression et dans le réservoir de l'interrupteur à flotteur. Cet interrupteur actionne un moteur qui règle le mercure en fonction du nouveau niveau d'eau. Le moteur fait aussi tourner la poulie à flotteur de l'enregistreur. La figure 1 illustre un manomètre à arbre fileté (modèle 301).

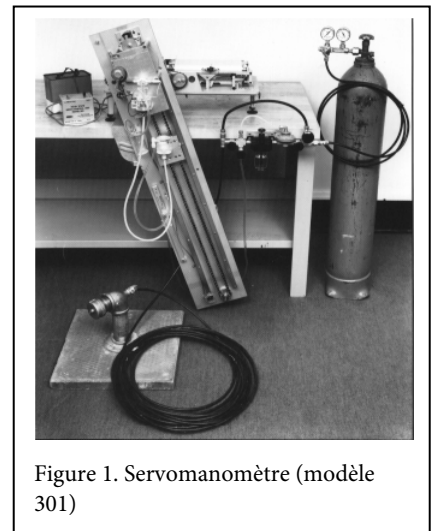


Figure 1. Servomanomètre (modèle 301)

4.2 LE CIRCUIT DE GAZ

Un circuit de gaz complet comprend une bouteille de gaz et un régulateur de pression, un régulateur de pression différentielle constante et un indicateur visuel, un ou des tubes et des raccords à la prise de pression et au manomètre.

De l'azote est injecté dans le circuit de gaz. En raison des très basses températures enregistrées durant l'hiver canadien, on ne doit utiliser que de l'azote sec (la qualité « L » de la société Air Liquide Canada Ltée est satisfaisante). Dans des conditions de fonctionnement normales, une bouteille de 114 pi³ suffit pour faire fonctionner une installation donnée pendant toute une année.

Les éléments constitutifs d'un manomètre sont énumérés au tableau 1. Les numéros correspondants renvoient à ceux des figures 2 et 3. La fonction de chaque élément est expliquée dans la section qui suit.

Tableau 1. Identification des éléments constitutifs d'un manomètre

1. contacts latéraux	37. pignons (arrière)
2. induit	38. arbre de transmission
3. chapeau de l'interrupteur à flotteur	39. chaîne de l'enregistreur
4. colonne de l'interrupteur à flotteur	40. roue dentée de l'enregistreur
5. pivots de l'induit	41. boulon de calage d'angle
6. flotteur	42. raccord du tube de contre-pression
7. vis de réglage du flotteur	43. réservoir de contre-pression
8. réservoir de l'interrupteur à flotteur	44. chariot
9. raccord de tube	45. support de fixation
10. support de fixation du réservoir	46. roue dentée inférieure
11. support de fixation du compteur	47. vis de réglage de la tension de la chaîne
12. compteur	48. voie de roulement de droite
13. tube de trop-plein	49. tube de transfert du mercure
14. engrenage du compteur	50. conduite d'alimentation
15. moteur d'entraînement	51. régulateur de pression
16. plaque de fixation du moteur	52. indicateur de la pression d'alimentation
17. pignon du moteur	53. robinet du régulateur de pression
18. servocommande	54. indicateur de pression de la bouteille
19. piles	55. raccord femelle
20. connecteur électrique	56. robinet de la bouteille
21. élément de fixation du manomètre	57. bouteille d'azote
22. réservoir de trop-plein	58. raccord du tube d'injection
23. vis de réglage d'angle	59. robinet du tube d'injection
24. bras abaissable	60. raccord du tube de contre-pression
25. graduation de température	61. robinet du manomètre
26. repère	62. indicateur visuel
27. niveau à bulle	63. robinet à pointeau pour le réglage du débit
28. plomb du débit	64. bouchon de remplissage
29. tube de contre-pression	65. régulateur de pression différentielle
	66. robinet de l'alimentation visuelle

30. voie de roulement de gauche

31. micro-contact inférieur

32. roue d'entraînement principale

33. bouton d'avance rapide (arrière)

34. roue dentée supérieure

35. chaîne d'entraînement

36. micro-contact supérieur

67. robinet de dérivation pour la purge

68. huile de silicone

69. tube d'injection

70. tuyau de protection de la prise de pression

71. raccord de la prise de pression

72. chapeau de la prise de pression

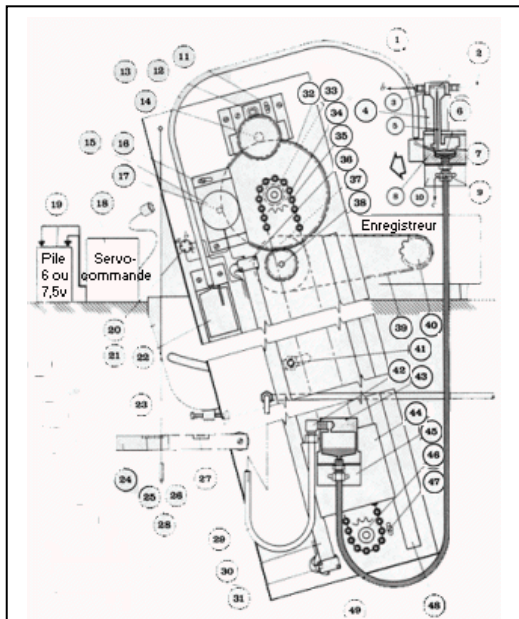


Figure 2. Servomanomètre (modèle 311M) et servocommande

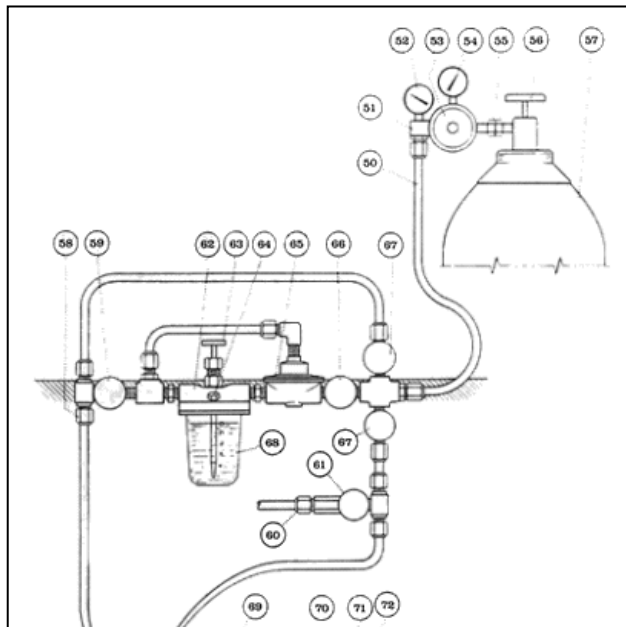


Figure 3. Circuit de gaz (à deux tubes)

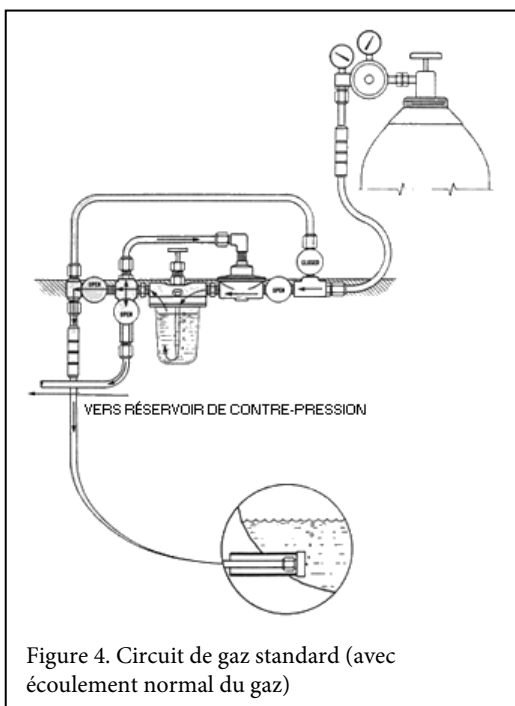


Figure 4. Circuit de gaz standard (avec écoulement normal du gaz)

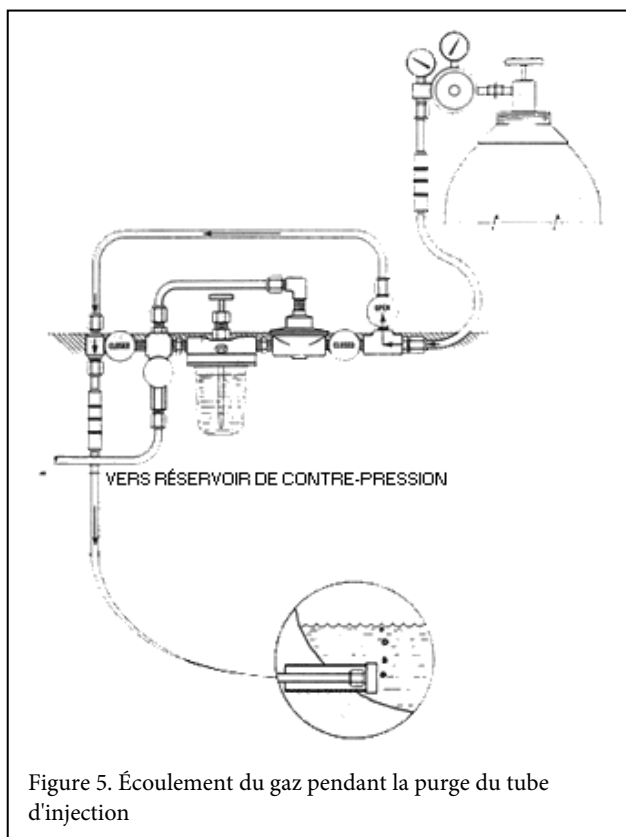
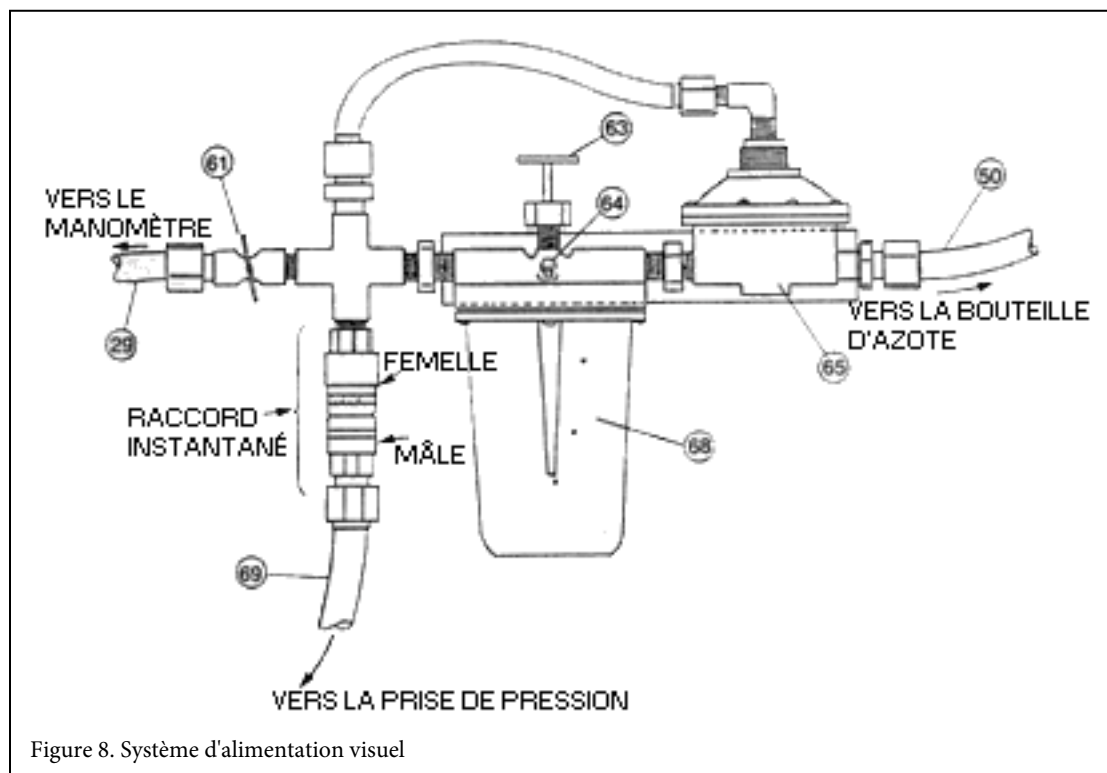
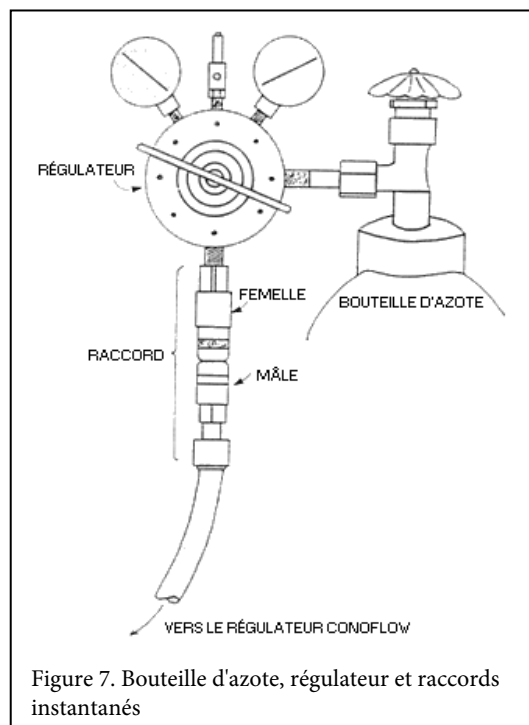
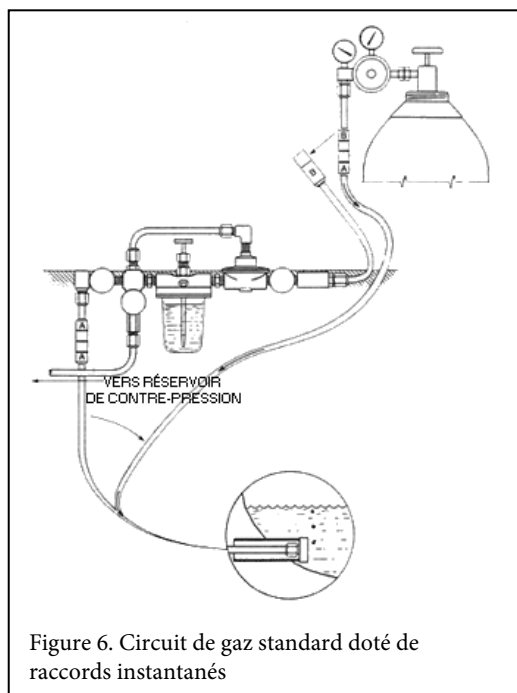


Figure 5. Écoulement du gaz pendant la purge du tube d'injection



Le régulateur de pression à un étage (51) de la bouteille comporte un indicateur de pression interne (54) et un indicateur de pression d'alimentation (52) qui peuvent respectivement mesurer jusqu'à 4 000 lb/po² et 60 lb/po².

D'ordinaire, le régulateur est livré avec un raccord femelle (55) dont les filets correspondent à ceux du raccord mâle dont est doté le robinet de la bouteille de gaz. Si les filets ne correspondent pas, on doit éviter d'utiliser des adaptateurs, étant donné que ceux-ci augmentent les risques de fuite (la pression à l'intérieur d'une bouteille pleine étant supérieure à 2 000 lb/po²). On doit plutôt demander au fournisseur d'azote de remplacer le raccord fileté du régulateur par un modèle adapté au robinet de la bouteille.

Le réglage du débit de gaz est obtenu à l'aide d'un régulateur de pression différentielle constante (65) jumelé à un indicateur visuel (62). Les manomètres sont dotés d'un appareil Conoflow (65) dans lequel une membrane agit sur un obturateur à siège mou afin de ne permettre l'entrée que de la quantité suffisante de gaz pour maintenir une chute de pression de 3 lb/po² de part et d'autre du robinet à pointeau. (Certains modèles Conoflow plus anciens mettent en jeu une chute de pression de 1,5 lb/po². On peut employer l'un ou l'autre.)

L'huile (68) dans le visualiseur doit être d'une viscosité qui demeure constante (ou presque constante) en dépit des variations de température, afin de maintenir un volume constant de gaz par bulle. On recommande d'utiliser une huile de silicone, comme l'huile 200 de Dow-Corning, dont la viscosité est de 50 centistokes à 25 °C.

Un tube en polyéthylène **noir** (69) ayant un diamètre intérieur de 1/8 po et un diamètre extérieur de 3/8 po relie le régulateur de pression différentielle constante à la prise de pression (72). On emploie du polyéthylène **noir** parce qu'il ne craint pas les rayons ultraviolets ni les produits chimiques qu'on retrouve d'ordinaire dans le sol. On peut donc enterrer le tube, et il n'est pas nécessaire de le placer à l'intérieur d'un tuyau protecteur, à moins qu'il ne court des risques d'être exposé à un fort courant, d'être attaqué par des rongeurs ou d'être déplacé par des personnes. Dans l'eau, le tube est doté d'un chapeau galvanisé de 2 po (72), lequel est vissé sur un tuyau de 2 po (70). La prise de pression doit être bien ancrée, car si elle monte ou descend, ce changement de position entraînera une indication erronée du niveau d'eau.

La longueur du tube entre le régulateur et la prise de pression a un effet sur l'indication du niveau d'eau. Des variations dans le débit du gaz et dans la température entraînent des variations liées au frottement du gaz à mesure qu'il circule dans le tube; pour surmonter ce problème, on doit modifier la pression d'injection du gaz. Dans les tubes courts, ces variations sont insignifiantes; dans le cas des tubes plus longs, il faut utiliser deux tubes : un pour diriger le gaz vers la prise de pression, et un autre pour transmettre la pression statique à partir d'un point le plus près possible de la prise de pression. Les tubes sont joints par un connecteur en « T » en un point de la berge où l'eau est peu profonde, et un seul tube se prolonge sur une courte distance jusqu'à la prise de pression.

La nécessité de faire appel à deux tubes dépend de l'erreur admissible dans la mesure des niveaux d'eau (d'ordinaire on accepte 0,01 pi) et de la longueur totale du tube. Pour déterminer si on doit utiliser deux tubes, on suppose que la variation maximale dans le frottement du gaz ne sera pas supérieure à un écart de 100 % dans le débit de bulles. Inscrive sur le graphique de la figure 9 la valeur qui représente un écart de 100 po dans le débit de bulles et relever la longueur maximale que peut avoir un tube d'injection unique.

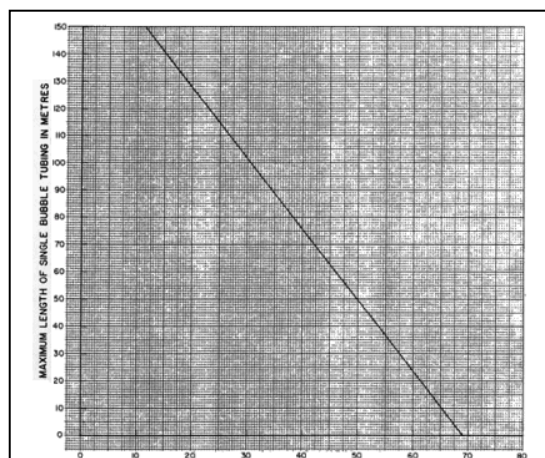


Figure 9: Graph for calculating maximum length of single tubing

Soustraire du résultat obtenu une longueur d'environ 20 pi, pour tenir compte du gaz à l'intérieur du manomètre et des tubes qui y sont reliés.

Soit un écart de 100 po correspondant à un débit de 60 bulles par minute.

D'après le graphique :

Longueur max. du tube (hors tout) 255 ft.

Moins 20 ft.

Longueur max. d'un tube unique 235 ft.

4.3 LE SERVOMANOMÈTRE

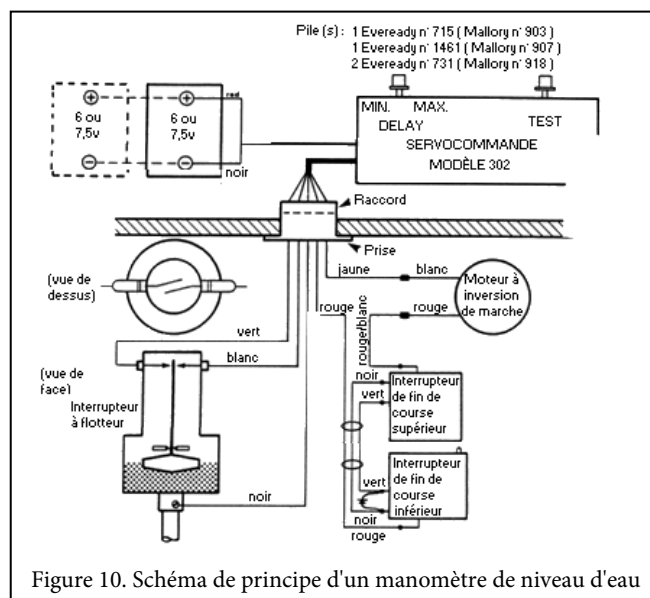
Voici une description du manomètre à arbre fileté (modèle 301) et du manomètre à chaîne (ou à courroie) (modèle 311M).

La pression qu'exerce la colonne d'eau sur la prise de pression est transmise par une pression qui refoule le gaz dans le tube jusqu'au réservoir de contre-pression (43) du circuit de gaz, où la pression provoque le déplacement d'une quantité équivalente de mercure. Ce mouvement modifie le niveau de mercure dans le réservoir de l'interrupteur à flotteur (8), qui contient un flotteur en acier inoxydable (6) portant un induit (2) sur pivots empierés (5), qui touche l'un des éléments d'un double contact latéral (1). Ce contact actionne un moteur à inversion de marche (15), qui entraîne une chaîne pour abaisser ou remonter le réservoir de contre-pression jusqu'à ce que l'écart dans les niveaux de mercure corresponde au nouveau niveau d'eau.

On obtient une continuité électrique depuis les contacts au platine iridié de l'interrupteur à flotteur (2), à travers le mercure, jusqu'à un raccord de tube en acier inoxydable (9) qui est placé à la base du réservoir de l'interrupteur à flotteur (8) de façon qu'une petite quantité de mercure reste toujours emprisonnée lorsqu'une baisse de la pression vide le réservoir de contre-pression. Le moteur qui fait tourner l'arbre fileté du manomètre de modèle 301 est un moteur à inversion de marche de 6 V.c.c., qui tourne à 4,5 tr/min et qui consomme environ 80 mA.

La chaîne (ou la courroie), du manomètre de modèle 311, dont le mouvement règle la position du réservoir de contre-pression (43) entraîne également l'arbre (38) du servomanomètre. La rotation de l'arbre enclenche un mécanisme de commande qui fait fonctionner l'enregistreur selon un rapport de 1:6 ou, dans certains cas, de 1:12. En même temps, l'arbre d'un compteur de type Veeder est mis en prise et tourne pour permettre la visualisation directe de la hauteur d'eau. L'arbre fait un tour pour chaque changement de 1,5 pi dans la hauteur d'eau.

Afin de prévenir les dommages résultant d'une sous-pression ou d'une surpression dans le manomètre, des interrupteurs de fin de course (31 et 36) neutralisent la commande du moteur lorsque le chariot (44) atteint la limite supérieure (pression minimale) ou inférieure (pression maximale) de sa course. Lorsque la pression



normale est rétablie, le servomanomètre se remet en marche automatiquement.

Le manomètre est incliné verticalement d'environ 18 ° afin de pouvoir compenser facilement toute erreur provoquée par une variation de température ou par la densité de l'eau. L'erreur causée par une variation de la température ambiante de 10 °F est de 0,1 po, en raison d'un changement dans la densité du mercure. Afin d'atténuer cet effet, le manomètre est doté d'un bras abaissable (24) comportant une graduation de température. On obtiendra le maximum de précision en inclinant le manomètre jusqu'à ce qu'un fil à plomb vienne en ligne avec la température de l'air (moyenne) existante sur la graduation.

Il convient de noter — on peut se procurer un compensateur de température automatique qui se fixe à l'arrière du support.

Le réservoir de l'interrupteur à flotteur est rendu étanche au moyen de deux joints toriques. Dans certains cas (par ex., lorsque le tube d'injection gèle), la pression du gaz dans le manomètre ne s'arrêtera pas de monter et fera sortir le mercure du réservoir de l'interrupteur à flotteur. Le mercure est alors récupéré par un réservoir de trop-plein (22). En enlevant ce réservoir et en le renversant, on peut reverser le mercure dans le circuit.

Les contacts latéraux (1) logés dans le chapeau (3) du réservoir de l'interrupteur à flotteur sont réglables de l'extérieur. Il est donc plus facile de régler l'écartement entre l'induit (2) et les contacts latéraux en tournant tout simplement les parties hexagonales colorées.

4.4 LA SERVOCOMMANDE

La servocommande (18) est dotée d'un amplificateur de courant et d'un temporisateur qui agissent sur les circuits du moteur d'entraînement. Des interrupteurs permettent aussi de faire des marques de vérification sur le graphique de l'enregistreur et de mettre à l'essai le moteur et les accumulateurs. Il s'agit d'un ensemble électronique à semi-conducteurs, qu'on remplace au complet en cas de mauvais fonctionnement. La figure 10 illustre sous forme simplifiée les connexions de la servocommande au manomètre de niveau d'eau.

L'interrupteur DELAY permet de choisir une temporisation de 3 ou 25 secondes; dans les modèles plus récents, une temporisation de 15 secondes est également prévue.

Lorsque l'interrupteur TEST, utilisé pour mettre à l'essai les accumulateurs et le moteur, est tenu soit à gauche, soit à droite, le manomètre est court-circuité et le moteur d'entraînement est relié directement à la pile (on peut alors faire tourner le moteur dans un sens ou dans l'autre).

On peut alimenter le manomètre en courant à l'aide de piles sèches, d'un accumulateur à électrolyte liquide muni d'un panneau solaire, ou d'un bloc d'alimentation.

Examiner brièvement la servocommande.

4.5 L'ENREGLSTREUR

Avec un manomètre de niveau d'eau, on recommande d'utiliser un enregistreur à déroulement continu Leupold et Stevens de type A-35 ou A-71. (Un enregistreur n'est pas livré avec le manomètre, à moins qu'on ne l'ait expressément demandé au moment où la commande est passée.) On peut toutefois adapter un manomètre pour qu'il convienne à n'importe quel type d'enregistreur mécanique.

4.6 RÉVISION

Le manomètre de niveau d'eau se compose de trois grands assemblages :

1. Un circuit de gaz, qui fournit un volume constant de gaz en augmentant ou en abaissant la pression à l'intérieur d'un tube afin de compenser la résistance causée par tout changement dans la hauteur de l'eau au-dessus d'une prise de pression. Il s'agit d'une relation linéaire.
2. Un servomanomètre, qui mesure le changement de la pression dans le circuit de gaz et qui, en fonction de cette donnée, fait tourner un arbre qui peut être raccordé à un enregistreur.
3. Une servocommande (boîte **noire**), dotée d'un amplificateur de courant et d'un temporisateur agissant sur les circuits du moteur d'entraînement.

Exercice :

- Identifier les principaux éléments d'un manomètre
- Revoir le parcours emprunté par le gaz qui s'écoule en vous servant de la figure 4 portée à l'écran à l'aide d'un rétroprojecteur.

Identification des éléments d'un manomètre		
1.	25.	49.
2.	26.	50.
3.	27.	51.
4.	28.	52.
5.	29.	53.
6.	30.	54.
7.	31.	55.
8.	32.	56.
9.	33.	57.
10.	34.	58.
11.	35.	59.
12.	36.	60.
13.	37.	61.
14.	38.	62.
15.	39.	63.
16.	40.	64.
17.	41.	65.
18.	42.	66.
19.	43.	67.

20.	44.	68.
21.	45.	69.
22.	46.	70.
23.	47.	71.
24.	48.	72.

5.0 INSTALLATION ET MISE EN SERVICE

5.1 PROTECTION DU MATÉRIEL CONTRE LES INTEMPÉRIES

Le manomètre de niveau d'eau doit être logé dans un petit abri situé au-dessus du plus haut niveau de l'eau à enregistrer (en tenant aussi compte des inondations possibles). Même s'il n'y a pas de distance maximale prescrite entre la prise de pression et l'abri, on doit, dans la mesure du possible, faire en sorte que le circuit de gaz soit suffisamment court pour qu'il ne soit pas nécessaire de faire appel à deux tubes. La figure 11 montre une vue en coup d'une installation type.

L'abri doit mesurer au moins quatre pieds carrés et être assez haut pour permettre à un homme d'y travailler à l'aise; il doit en outre être bien aéré afin que le matériel y reste sec. Dans le cas d'un manomètre ayant une portée de 10,7 m (35 pi), on doit construire une tablette solide, bien fixée et supportée, d'un côté à l'autre de la moitié arrière de l'abri, à 80 cm (32 po) au-dessus du plancher. (Dans le cas d'un manomètre dont la portée est de 15 m (50 pi), la tablette doit être à au moins 144 cm (45 po) au-dessus du plancher, ou alors on doit pratiquer une ouverture dans le plancher pour permettre l'installation des appareils de plus fort encombrement).

Pour ce qui est du raccord de la prise de pression, un tuyau fileté de deux pouces doit être fixé dans un bloc de béton solidement ancré à la berge, l'extrémité du tuyau étant située de façon que la prise de pression se trouve au-dessous du plus bas niveau d'eau possible.

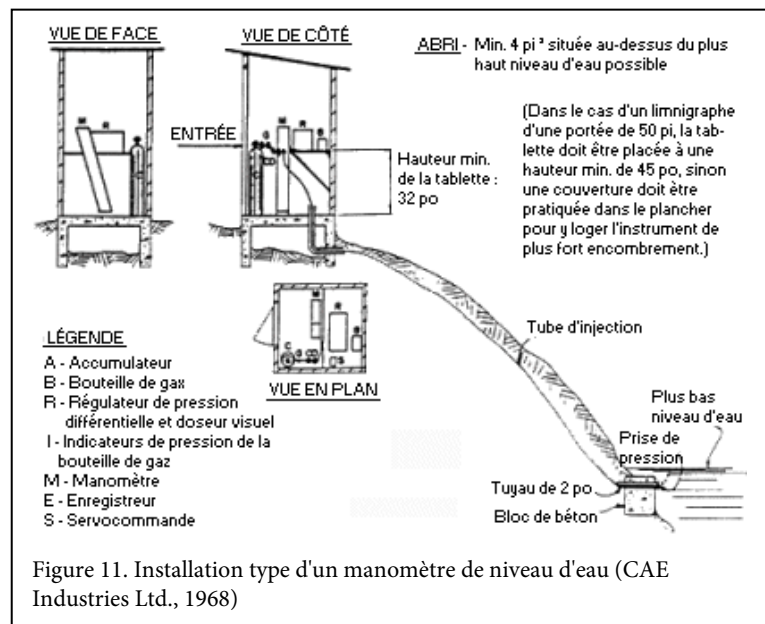


Figure 11. Installation type d'un manomètre de niveau d'eau (CAE Industries Ltd., 1968)

5.2 INSTALLATION DE LA PRISE DE PRESSION ET DU TUBE D'INJECTION

Le raccord de la prise de pression est logé dans un chapeau galvanisé (72) pour en simplifier le raccordement à un tuyau de 2 po. On doit procéder ainsi :

1. Faire passer une extrémité du tube en polyéthylène **noir** de $\frac{3}{8}$ po (69) à travers le tuyau de 2 po (70) et le relier au raccord « Swagelok » (71) à l'intérieur de la prise de pression.
2. Visser le chapeau sur le tuyau, puis serrer le raccord du tube.
3. Placer le dispositif d'ancrage de la prise de pression de façon que celle-ci se trouve au-dessous du plus bas niveau d'eau possible.
4. Creuser une tranchée peu profonde depuis l'arrière du tuyau de protection de la prise de pression jusqu'à l'abri, et déposer le tube directement dans la tranchée (en utilisant un tuyau ou un conduit de protection seulement si le tube doit être protégé). Remplir la tranchée, en plaçant du sable ou une matière semblable contre le tube afin d'éviter que celui-ci ne soit endommagé par les arêtes vives de pierres ou de roches.

5. Faire pénétrer le tube dans l'abri à travers un tuyau ou un coude préalablement incorporé aux fondations.

5.3 INSTALLATION DU CIRCUIT DE GAZ

Raccorder le régulateur de pression (51) à la bouteille d'azote (57), d'abord en ouvrant légèrement le robinet de la bouteille (56) pour chasser la poussière, la saleté, etc. du robinet. A l'aide d'une clé, resserrer l'écrou de raccordement (55) du régulateur de pression jusqu'à ce qu'il soit fermement en place, et mettre du ruban de téflon ou une petite quantité de lubrifiant à filets de première qualité sur les filets.

Nota — On ne doit pas appliquer un lubrifiant à filets sur les bagues et les écrous du tube en polyéthylène.

La bouteille d'azote doit être fixée au mur par une chaîne.

Poser le régulateur de pression différentielle constante Conoflow (65) et l'indicateur visuel (62) soit sur le mur de l'abri, soit contre le rebord de la tablette. S'assurer que le tube de contre-pression fourni (29) est d'une longueur suffisante pour relier le manomètre et l'indicateur visuel. Vérifier si l'appareil est de niveau une fois en place. Dévisser le bouchon de laiton de $\frac{1}{4}$ po (64) situé sur le dessus de l'indicateur visuel et verser de l'huile de silicone jusqu'à ce que le visualiseur soit à moitié rempli. Replacer la vis de laiton et appliquer du ruban en téflon ou une petite quantité de lubrifiant à filets.

Couper l'excédent du tube d'injection (69) introduit dans l'abri de sorte qu'on puisse aisément le raccorder au régulateur de pression différentielle constante (58). Il faut éviter de garder une longueur excessive de tube car, s'il s'enroule, il peut en résulter des problèmes liés à l'accumulation d'eau ou d'huile aux points les plus bas du circuit.

Placer la bague en deux parties et l'écrou du raccord Swagelok (58) sur le tube dans la position illustrée à la figure 12, puis pousser fermement le tube dans la partie correspondante du raccord (58) jusqu'à ce qu'il soit bien au fond. Resserrer l'écrou jusqu'à ce que l'on ne puisse plus tourner le tube à la main. À l'aide d'un crayon, tracer un repère sur l'écrou. Tout en retenant le corps du raccord avec une clé, faire un tour complet à l'écrou avec une seconde clé.

Couper une longueur suffisante de tube d'injection pour servir de conduite d'alimentation (50), et l'installer entre les raccords Swagelok du régulateur de pression du régulateur de pression différentielle. Procéder comme il est indiqué dans le paragraphe précédent.

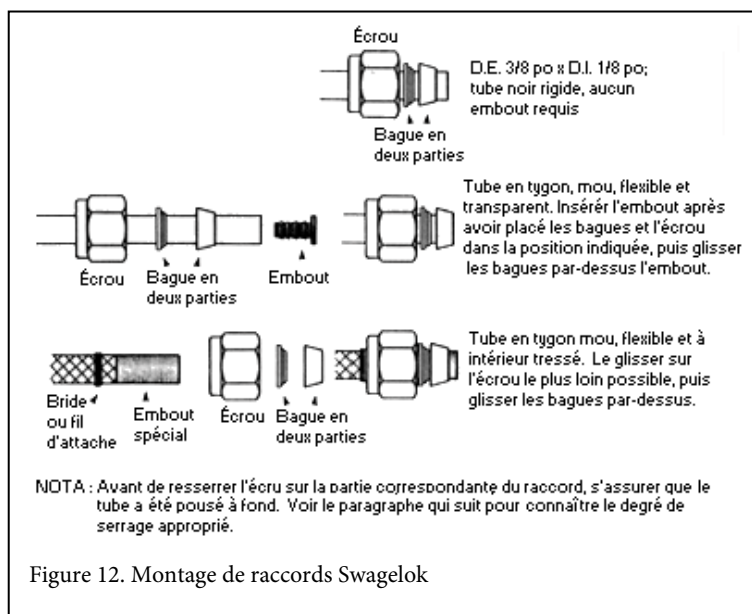


Figure 12. Montage de raccords Swagelok

5.4 INSTALLATION DU SERVOMANOMÈTRE

Le servomanomètre, ou plus simplement le manomètre, est livré sous la forme d'un appareil complet qui ne requiert que peu d'assemblage sur le terrain.

1. Choisir un emplacement approprié sur la tablette (en tenant compte de l'endroit où on prévoit mettre l'enregistreur et de la distance qui doit séparer les deux appareils) et y placer le manomètre sur son support. Situer le rebord arrière du support à 13 cm (5 po) du devant de la tablette, puis fixer le support à cette dernière, en utilisant les vis n° 10 de 1½ po et les rondelles prévues à cet effet.
2. Libérer la plaque de fixation du moteur (16) et pousser le moteur (15) vers la gauche pour désengager son pignon (17) de la roue d'entraînement principale (32).

À l'aide du bouton d'avance rapide (33) situé à l'arrière, amener le réservoir de contre-pression (43) et le chariot (44) aux points inférieur et supérieur de leur course, afin de vérifier si tout fonctionne bien.

La tension de la chaîne a été réglée en usine, et elle ne doit pas être modifiée à moins que ce ne soit essentiel. Pour ce faire, il faut utiliser les vis (47) et une balance à ressort.

Lorsqu'on déplace le réservoir de contre-pression de haut en bas, s'assurer que le tube de transfert du mercure (49) et le tube de contre-pression (29) pendent sans torsion. Sinon, desserrer le raccord à une extrémité et laisser le tube pendre depuis sa bride de fixation. Le bout libre du tube devrait « retrousser » vers la droite. Sinon, desserrer momentanément la bride de fixation et tourner le tube dans la bride. Ensuite, sans tordre le tube, replacer l'extrémité libre du tube dans son raccord en la poussant. Resserrer l'écrou comme il est indiqué au quatrième paragraphe de la [section 5.3](#), tout en s'assurant que le tube ne tourne pas pendant le resserrage.

3. Si le chariot « déraile » en cognant durement sur les butoirs, passer la main derrière le chariot par le bas, tirer sur la manette à ressort et la relâcher lorsque les trois galets sont de retour sur les voies de roulement.
4. Desserrer le boulon de calage d'angle (41) qui se trouve à l'arrière de la pièce de fixation (21). Descendre le bras abaissable (24) et le bloquer à l'horizontale à l'aide du niveau à bulle (27).
5. Déterminer la hauteur du manomètre au-dessus de la prise de pression [(distance à la verticale) utiliser un chiffre arbitraire dans le présent module], puis régler la plaque graduée amovible (25) de façon que la hauteur du manomètre corresponde au repère **noir** situé sur le dessus du bras abaissable. Resserrer la plaque graduée.
6. Tourner la vis de réglage d'angle (23) jusqu'à ce que la ligne à plomb (28) soit vis-à-vis la température ambiante moyenne (pour la saison) indiquée sur la graduation de température (25). Resserrer la vis de blocage (41) à l'arrière.

Si un compensateur de température automatique est installé, se reporter aux instructions livrées avec cet instrument.

7. Desserrer le boulon de retenue à tête hexagonale qui se trouve au-dessous du réservoir de contre-pression. Placer un niveau à bulle sur le dessus du réservoir et tourner ce dernier jusqu'à ce qu'il soit de niveau. Resserrer le boulon à tête hexagonale. Répéter cette opération pour le réservoir de l'interrupteur à flotteur.
8. Même si tous les raccords sont bien fixés lorsque l'appareil est mis à l'essai en usine, il se peut que certains se soient desserrés pendant l'entreposage ou le transport du matériel. Il faut donc s'assurer que tous les raccords de tube soient bien serrés.

Il convient de noter que, après que des raccords aient été soumis à des températures chaudes et froides, le matériau dont sont faits les tubes peut s'être rétréci à l'intérieur des raccords Swagelok, et il peut alors être nécessaire de resserrer ces derniers.

On doit également vérifier l'état des connexions électriques.

9. Il se peut que l'ensemble induit-flotteur soit expédié non assemblé. Le cas échéant, l'assemblage doit être fait de la façon suivante :
 - a. Enlever les deux fils reliés aux contacts latéraux (1) sur le chapeau de l'interrupteur à flotteur. Enlever le chapeau (3).
 - b. Retirer les trois vis qui retiennent la colonne (4) de l'interrupteur à flotteur sur le réservoir (8) Enlever la colonne.
 - c. Enlever la gaine de protection de l'induit fixé au flotteur (6), puis insérer l'induit dans la colonne.
 - d. Insérer le pivot de l'induit entre les deux vis empierrées, en engageant une extrémité dans un des rubis et en vissant l'autre rubis jusqu'à ce que l'autre extrémité du pivot soit aussi engagée. Centrer l'induit par rapport à la colonne en tournant très lentement les deux vis; les resserrer ensuite jusqu'à ce qu'il ne se produise plus qu'un très léger déplacement latéral.
10. Introduire le mercure dans le circuit. Une livre et demie de mercure distillé trois fois est livrée avec le manomètre. On peut avoir besoin d'une plus grande quantité de mercure si on utilise un gros tube de transfert du mercure. Il ne faut pas employer une qualité inférieure de mercure car il pourrait se produire une oxydation, d'où un contact électrique médiocre et l'apparition de dépôts collants dans la canalisation. Procéder de la façon suivante :
 - a. Avec la colonne de l'interrupteur à flotteur encore enlevée, s'assurer que le réservoir de contre-pression est environ au même niveau que le réservoir de l'interrupteur à flotteur.
 - b. S'assurer que l'autre extrémité du tube de contre-pression n'est pas encore reliée au régulateur de pression différentielle. Verser lentement le mercure dans le réservoir de l'interrupteur à flotteur de façon qu'il s'écoule dans le tube de transfert du mercure tout en permettant quand même à l'air de s'échapper.
 - c. Déloger les bulles d'air qui peuvent être emprisonnées, en tapotant le tube de transfert du mercure.
 - d. Replacer temporairement la colonne sur le dessus de l'interrupteur à flotteur sans la visser. Faire monter ou descendre le chariot jusqu'à ce que le niveau de mercure soit à mi-hauteur du flotteur (6); à ce moment-là, l'induit commencera à bouger dans la colonne de l'interrupteur à flotteur. Le mercure devrait maintenant être à une hauteur de $\frac{1}{8}$ à $\frac{1}{4}$ po à l'intérieur du réservoir de contre-pression.
 - e. Visser la colonne de l'interrupteur à flotteur, en s'assurant que le joint torique est bien en place.
 - f. Réinstaller le chapeau (3), en veillant à ce que l'induit repose entre les deux contacts latéraux (1) et à ce que le joint torique soit en place.

5.5 INSTALLATION DE LA SERVOCOMMANDE

Placer la servocommande sur la tablette et brancher les fils à la pile (19) : le fil **rouge** à la borne +, le fil **noir** à la borne -. (Ne pas inverser les fils.)

Ne pas relier tout de suite la servocommande au manomètre.

5.6 INSTALLATION DE L'ENREGISTREUR

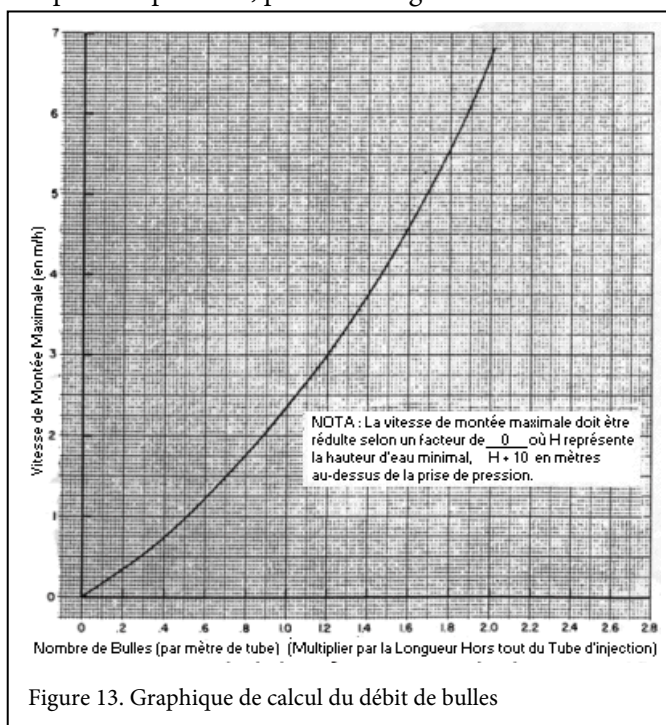
L'arbre de sortie du manomètre fait un tour pour chaque changement de 18 pouces du niveau d'eau. Le style de l'enregistreur A-35 ou A-71 se déplace de trois pouces pour chaque tour de l'arbre d'entrée. D'ordinaire, une roue de 32 dents est installée sur l'arbre de sortie du manomètre, et une roue de 36 dents sur l'arbre d'entrée de l'enregistreur, avec une chaîne à rouleaux, pour donner un rapport de 1:125. Des roues dentées différentes peuvent être fournies pour obtenir d'autres rapports. Si on utilise des chaînes différentes, il faut s'assurer d'avoir les bonnes roues dentées.

Installer la roue dentée choisie (40) sur l'arbre d'entrée de l'enregistreur. Placer l'enregistreur à la position prévue sur la tablette et installer la chaîne fournie (39). S'assurer que celle-ci est tendue, mais pas trop, et que les roues dentées sont bien alignées. Visser ensuite l'enregistreur à la tablette pour qu'il tienne bien en place.

5.7 CALCUL DU DÉBIT DE BULLES

Lorsqu'on détermine le débit des bulles, on doit tenir compte à la fois de la longueur utile du tube d'injection et de la vitesse maximale à laquelle le niveau de l'eau va monter. La longueur utile du tube correspond à la distance réelle séparant le robinet de fermeture du tube d'injection et la prise de pression, plus une longueur additionnelle de 6,1 m pour tenir compte du gaz dans le manomètre et dans les tubes qui y sont reliés. La vitesse maximale à laquelle le niveau de l'eau montera doit être calculée avec précision, car une vitesse de montée trop élevée entraînera une surconsommation de gaz inutile. La vitesse de montée maximale dont le manomètre peut rendre compte est de 4,6 m/h.

Lorsqu'on a déterminé la vitesse de montée maximale, l'inscrire sur le graphique à la figure 13 et relever le nombre de bulles requises par minute pour chaque pied de tube. Multiplier ce chiffre par la longueur utile du tube d'injection afin d'obtenir le débit des bulles. Par exemple, si l'on a déterminé que la vitesse de montée maximale est de 2,4 m/h, et que la longueur utile du tube est de 62,5 m, le débit des bulles sera de 64 bulles par minute $\rightarrow (1,02 \times 62,5 \text{ m} = 63,57)$.



5.8 ÉTABLISSEMENT DU DÉBIT DE GAZ INITIAL

On doit prendre note des deux éléments suivants concernant la manoeuvre des robinets du circuit de gaz :

1. À l'exception du robinet du régulateur de pression (53), tous les robinets s'ouvrent en tournant la poignée en sens anti-horaire (SAH), et ils se ferment en tournant la poignée en sens horaire (SH). Étant donné qu'ils reposent sur leur siège tant en position ouverte qu'en position fermée, on doit toujours les garder complètement fermés pour prévenir les fuites de gaz par la tige; le robinet à pointeau de réglage du débit (63) est toutefois réglé en fonction du débit de bulles.
2. Le robinet du régulateur de pression (53) se ferme en tournant la poignée en SAH. On doit toujours le fermer avant de fermer le robinet de la bouteille, et on ne doit jamais ouvrir avant d'avoir ouvert le robinet de la bouteille. On évite ainsi que soit endommagé le siège du régulateur de la bouteille advenant que la haute pression maintenue dans la bouteille soit subitement appliquée sur la membrane du régulateur.

Avant de tenter de régler le débit du gaz, les robinets doivent être placés dans les positions suivantes :

Robinet	Position	Rotation complète
Robinet du régulateur de pression (53)	fermé	SAH
Robinet à pointeau de réglage du débit (63)	fermé	SH
Robinet de l'indicateur visuel (66)	ouvert	SAH
Robinet d'isolement du manomètre (61)	fermé	SH
Robinet de fermeture du tube d'injection (59)	ouvert	SAH
Robinet de dérivation pour la purge (67)	fermé	SH

Lorsque les robinets ont été réglés dans les positions indiquées, permettre le passage du gaz en procédant de la façon suivante :

1. Ouvrir le robinet de la bouteille (56). Le tourner complètement dans le SAH.
2. Tourner le robinet du régulateur de pression (53) dans le SH jusqu'à ce qu'on obtienne une indication de pression d'alimentation de 35 lb/c.
3. Tourner le robinet à pointeau de réglage du débit (63) dans le SAH jusqu'à ce qu'on puisse voir des bulles dans le visualiseur. Compter le nombre de bulles par minute et régler le robinet à pointeau jusqu'à ce qu'on obtienne le débit prédéterminé.

À mesure que la pression de gaz dans le circuit augmente, le gaz chassera l'air et l'eau par la prise de pression, jusqu'à ce que le circuit en soit purgé. Lorsque le circuit fonctionne correctement, des bulles de gaz s'échappent de la prise de pression selon un débit égal à environ la moitié de celui mesuré au visualiseur.

5.9 RÉGLAGE DU SERVOMANOMÈTRE

Le réglage initial du manomètre doit être effectué dans des conditions de pression atmosphérique normales. S'assurer que le robinet d'isolement du manomètre (61) soit à la position fermée (rotation complète en SH), et que

le tube de contre-pression ne soit pas raccordé au manomètre; la pression atmosphérique ambiante pourra ainsi être exercée sur les surfaces du mercure tant dans le réservoir de contre-pression que dans le réservoir de l'interrupteur à flotteur.

À l'aide du bouton d'avance rapide (33) situé à l'arrière, faire monter le chariot jusqu'à ce que le niveau de mercure dans le réservoir de l'interrupteur à flotteur amène le flotteur à mi-course. Faire pivoter la plaque de fixation du moteur (16) pour engager le pignon, tout en tournant lentement le bouton (33). Resserrer la vis (16), en laissant un petit jeu.

Insérer la fiche Cannon à cinq broches reliée à la servocommande dans la prise à cinq contacts située à l'arrière du manomètre. Placer l'interrupteur DELAY de la servocommande à la position « MIN » (pour obtenir une temporisation d'environ trois secondes). Le manomètre commandera presque immédiatement le déplacement du réservoir de contre-pression jusqu'à ce que, après une brève période d'instabilité, le niveau du mercure dans les deux réservoirs soit exactement le même. Dans ces conditions, la hauteur du mercure dans le réservoir de contre-pression devrait être de $\frac{3}{16}$ à $\frac{5}{16}$ po. Ajouter ou ôter du mercure jusqu'à l'obtention de la hauteur voulue.

Pour enlever du mercure, amener le réservoir de contre-pression (43) au point inférieur de sa course. Retirer le câble de mise à la terre placé sous l'écrou (9) du raccord situé au bas du réservoir de l'interrupteur à flotteur (7). Desserrer l'écrou (9) tout en retenant le tube de transfert de mercure (49) dans le raccord supérieur. Après avoir enlevé l'écrou (9), le faire glisser vers le bas le long du tube, insérer l'extrémité du tube de transfert (49) dans la bouteille et, en abaissant la bouteille et le tube, ôter la quantité requise de mercure. Replacer le tube de transfert dans le raccord, remonter l'écrou (9) en le faisant glisser, puis le resserrer. Replacer le câble sous l'écrou (9).

Pour ajouter du mercure, amener le réservoir de contre-pression (43) au point inférieur de sa course. Ôter la colonne de l'interrupteur à flotteur (4) et ajouter du mercure dans le réservoir (7). Replacer la colonne (4) et ramener le réservoir de contre-pression (13) au point d'équilibre.

Le volume de mercure maintenu dans le réservoir de contre-pression est important. S'il n'y a pas assez de mercure, le mouvement du manomètre deviendra irrégulier; s'il y en a trop, les effets de la dilatation thermique du mercure, provoquée par les variations de la température ambiante, se feront sentir.

S'il est nécessaire de connaître la hauteur d'eau au-dessus de la prise de pression, il faut alors procéder de la façon suivante : avec le tube de contre-pression non raccordé et le réservoir de contre-pression ainsi que le réservoir de l'interrupteur à flotteur équilibrés, régler le compteur pour qu'il indique 9,991 (l'équivalent de 0,009 m) pour tenir compte de la pression approximative nécessaire pour permettre l'échappement de bulles par la prise de pression. Dévisser le raccord de la servocommande, désengager le moteur de la roue d'entraînement principale, puis tourner le bouton d'avance rapide (33) situé à l'arrière jusqu'à ce que le chariot (du réservoir de mercure) atteigne le point inférieur de sa course. Raccorder le tube de contre-pression. Ouvrir lentement le robinet d'isolement du manomètre (61) jusqu'à ce que le mercure dans le tube de transfert arrête de monter. Tourner le bouton d'avance rapide jusqu'à ce que le mercure atteigne le flotteur dans le réservoir de l'interrupteur à flotteur. Lorsque le mercure ne bouge plus, le compteur indiquera la hauteur d'eau au-dessus de la prise de pression.

Réengager le moteur et rebrancher la servocommande.

5.10 VÉRIFICATION DU TEMPS DE RÉACTION

1. Régler l'interrupteur DELAY de la servocommande à la position « MAX » (la position de fonctionnement normale). On obtient ainsi une temporisation standard de 20 à 30 secondes avant que le moteur d'entraînement ne se mette en marche.
2. Effectuer les essais suivants pour vérifier si le temporisateur fonctionne correctement :
 - a. Observer le manomètre et s'assurer qu'aucun mouvement ne se fait pendant au moins une minute.
 - b. Régler l'interrupteur TEST à la position de droite et vérifier si de 20 à 30 secondes s'écoulent avant que le moteur ne commence à entraîner le chariot du manomètre.
 - c. Régler l'interrupteur TEST à la position médiane (point vert) et attendre que le chariot du manomètre se stabilise.
 - d. Répéter les trois étapes précédentes, en réglant l'interrupteur TEST à la position contraire. S'assurer qu'il est à la position médiane à la fin de la vérification.

5.11 PRÉRÉGLAGE DE L'ENREGISTREUR

Avant de mettre l'enregistreur en marche, vérifier si le chariot du style se déplace librement d'un point de retournement à l'autre. Desserrer les vis de droite et de gauche du disque de retenue et tourner l'arbre de la roue à flotteur pour mettre le style en position par rapport aux points de retournement. Il est essentiel que le chariot du style ne se déforme pas étant donné que le couple élevé développé par le manomètre endommagera l'enregistreur. Pour obtenir des instructions plus détaillées concernant l'enregistreur, consulter le manuel d'utilisation et d'entretien du fabricant.

Pour régler l'enregistreur :

1. remonter et mettre en marche le mécanisme d'horlogerie;
2. placer le papier d'enregistrement en position;
3. remplir le style d'encre;
4. régler le style à l'indication donnée par le compteur.

Une liaison par chaîne est établie entre le manomètre et tous les instruments qui y sont raccordés, y compris l'enregistreur; les autres instruments peuvent être indirectement raccordés au manomètre par voie de liaison directe à l'enregistreur.

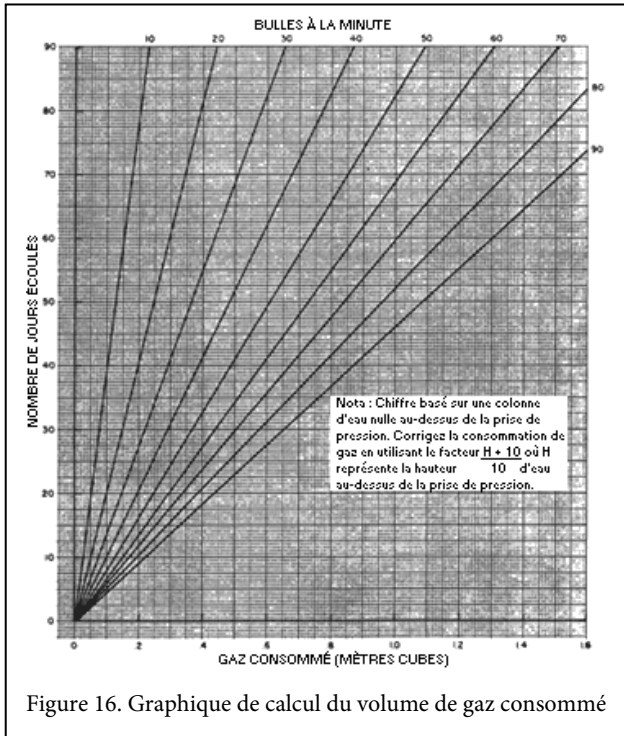


Figure 16. Graphique de calcul du volume de gaz consommé

A chaque visite, inscrire les renseignements suivants sur le registre

(noter — le registre doit rester dans l'abri de façon qu'il soit toujours à la disposition du technicien au moment des vérifications du matériel) :

1. la date de la visite
2. un crochet indiquant que le matériel a fait l'objet d'une inspection visant à détecter toute défectuosité apparente
3. les niveaux de l'eau indiqués par le compteur du manomètre, par l'enregistreur à style et par la jauge de référence
4. la température de l'air à l'intérieur de l'abri
5. les pressions du gaz indiquées par l'indicateur de la pression d'alimentation et par l'indicateur de pression interne
6. le débit de bulles (nombre de bulles par minute) observé à l'aide de l'indicateur
7. toute réparation dont le matériel a fait l'objet, y compris le remplacement d'une pile, d'une bouteille de gaz, d'un rouleau de papier d'enregistrement, etc.

Inscrire sur le graphique de la figure 15 la valeur relevée sur l'indicateur de pression interne ainsi que la température de l'air. Trouver le volume de gaz selon la grosseur de bouteille utilisée et inscrire ce chiffre dans la colonne « volume de gaz ». D'après la feuille de registre (figure 14) du 17 décembre, la pression interne de la bouteille était de 1 460 lb/po², et la température était de 22 °F. En supposant qu'on ait utilisé une petite bouteille, le volume de gaz restant dans celle-ci serait donc de 95 pi³.

Soustraire le volume de gaz de la quantité relevée à la visite précédente et inscrire la différence dans la colonne « Consommation réelle de gaz » →(soit $113,5 - 95 = 18,5 \text{ pi}^3$).

Vérifier si la consommation de gaz semble correcte pour la période en question :

1. en calculant le nombre de jours écoulés depuis la dernière visite;
2. en déterminant le débit moyen de bulles pour la période (faites la moyenne entre le débit actuel et celui de la dernière visite);
3. en inscrivant le nombre de jours écoulés ainsi que le débit moyen de bulles sur le graphique de la figure 10 et en calculant la quantité approximative de gaz consommée;
4. en inscrivant cette quantité approximative dans la colonne « Calcul de la consommation de gaz » et en vérifiant si elle se rapproche de la quantité inscrite dans la colonne « Consommation réelle de gaz ».

Dans l'exemple de la figure 14, le nombre de jours écoulés entre les visites (du 10 novembre au 17 décembre) correspond à 37. Le débit moyen de bulles est de 61 (moyenne de 60 et de 62). D'après le graphique, la quantité approximative de gaz consommée est de 19 pi^3 , ce qui se rapproche des $18,5 \text{ pi}^3$ réellement consommés. En se basant sur ces données, on peut présumer que le circuit de gaz fonctionne efficacement.

6.2 ENTRETIEN DU CIRCUIT DE GAZ

Un premier examen visuel du manomètre indiquera rapidement si le circuit de gaz fonctionne correctement. Si le manomètre indique de façon précise le niveau de l'eau et si le taux de consommation de gaz est normal, il ne devrait pas y avoir de fuite de gaz d'importance. Si on soupçonne une fuite de gaz, procéder à l'examen du matériel selon la méthode décrite à la section 7, « Détection des anomalies ». Vérifier et enregistrer la pression interne de la bouteille, la pression d'alimentation et le débit de bulles. Un calcul approximatif révélera si la consommation d'azote est anormale et, le cas échéant, fournira l'indice d'une fuite entre la bouteille et le régulateur Conoflow. Les manomètres dont la prise de pression est susceptible de se boucher sont généralement munis de raccords rapides qui facilitent, à chaque visite, la purge de celle-ci sous l'effet de la pression de la bouteille.

L'entretien général du matériel englobe un examen complet des raccords afin de s'assurer qu'ils soient bien serrés et propres. Il faut en outre enlever toute la poussière pouvant s'être accumulée depuis la dernière visite. À l'automne, après les premières fortes gelées, resserrer tous les raccords en prévision du fonctionnement hivernal.

Mise en garde ! ne pas trop resserrer les raccords de laiton.

Le remplacement occasionnel de la bouteille de gaz constitue la principale opération reliée à l'entretien du circuit de gaz. À chaque visite, la quantité de gaz restant dans la bouteille doit être évaluée en regard du taux de consommation moyen. Si on prévoit qu'il ne restera qu'une petite quantité de gaz dans la bouteille au moment de la prochaine visite prévue, on doit remplacer la bouteille. Cette mesure permettra d'éviter que la bouteille ne se vide complètement, ce qui pourrait entraîner des retards au cours de la prochaine visite.

Lors du remplacement d'une bouteille, il faut veiller à ce que la pression demeure constante dans le tube d'injection tout au long de l'opération. Ce point revêt une importance particulière en hiver, car si l'eau entrait dans le tube, elle pourrait geler et par le fait même, empêcher le fonctionnement du manomètre. Procéder de la façon suivante :

1. Fermer les robinets suivants dans l'ordre prescrit :

- a. le robinet de l'indicateur visuel (66) (rotation complète dans le SH)
 - b. le robinet d'isolement du manomètre (61) (rotation complète dans le SH)
 - c. le robinet du tube d'injection (59) (rotation complète dans le SH)
 - d. le robinet du régulateur de pression (53) (rotation complète dans le SAH)
 - e. le robinet de la bouteille (56) (rotation complète dans le SH)
 - f. le robinet de dérivation pour la purge (67) (doit rester tourné complètement dans le SH).
2. Réduire la pression dans le manomètre en tournant la poignée dans le SAH. Le retirer de la bouteille vide. Enlever la bouteille.
 3. Mettre la nouvelle bouteille en place.

Mise en garde ! ouvrir la bouteille en douceur. Entrouvrir le robinet puis le refermer de façon à en chasser la poussière.

4. Raccorder le régulateur à la bouteille en appliquant du ruban de téflon sur les filets, puis serrer l'écrou de raccordement avec une clé.
5. Ouvrir le robinet de la bouteille (56) (rotation complète dans le SAH).
6. Ouvrir le robinet du régulateur de pression (53) (rotation dans le SH) jusqu'à ce qu'une pression d'alimentation correspondant environ à celle qui est inscrite sur le registre (pour la bouteille précédente) soit obtenue. Vérifier si la pression relevée sur l'indicateur est la pression réelle de la nouvelle bouteille ou s'il ne s'agit pas de la pression de la bouteille précédente retenue dans le circuit. (L'ouverture du robinet du régulateur de pression doit provoquer une légère augmentation de la valeur observée sur l'indicateur de la pression d'alimentation).
7. Ouvrir le robinet de l'indicateur visuel (66) (rotation complète dans le SAH). Ouvrir le robinet du tube d'injection (59) (rotation complète dans le SAH).
8. Vérifier le débit de bulles dans l'indicateur et régler le robinet à pointeau (63) de façon à obtenir le débit voulu.
9. Ouvrir le robinet d'isolement du manomètre (61) (rotation complète dans le SAH).
10. Vérifier l'étanchéité du circuit.

6.3 ENTRETIEN DU SERVOMANOMÈTRE

À chaque visite, retirer le couvercle de protection et procéder à un examen visuel de l'appareil. Enlever toute poussière pouvant s'être accumulée, en prêtant une attention particulière à la chaîne d'entraînement qui commande le réservoir de contre-pression. Cette chaîne doit rester propre, sèche et exempte d'huile ou de graisse. Puisque la plupart des pièces rotatives de l'appareil tournent lentement, la lubrification de celles-ci n'est pas recommandée car l'application d'huile ou de graisse entraînerait l'accumulation de poussière qui entraverait leur fonctionnement.

À l'occasion, il peut être nécessaire de serrer ou de desserrer les vis empierrées, d'enlever la rouille des contacts, de remplacer les balais du moteur électrique ou d'effectuer l'entretien de la servocommande. On peut cerner ces défauts en examinant la courbe tracée sur papier d'enregistrement qui présentera alors des variations du

niveau de l'eau irrégulières et en gradins. La tension de la chaîne varie en fonction de la température, ce qui nécessite des réglages fréquents pour éviter la production de courbes en gradins ou un barbouillage étroit excessif. Les vis empierrées peuvent être serrées ou desserrées de la même façon que lors de leur installation initiale. La rouille sur les contacts peut être enlevée au moyen d'un nettoyeur pour composants électroniques ne laissant pas de résidus. Il faut cependant faire attention de ne pas appliquer ce nettoyeur sur les pièces de plastique. On peut aussi nettoyer des contacts corrodés en les sablant légèrement avec un matériel abrasif fin, tel le frottoir d'une pochette d'allumettes. Tous les contacts doivent être placés selon un angle de 45 ° par rapport au mécanisme de contact de l'interrupteur à flotteur, du fait qu'ils ont tendance, dans cette position, à être autonettoyants. Des contacts encrassés entraînent la formation de courbes en gradins prononcées. L'espacement entre les contacts doit aussi être vérifié.

La hauteur d'eau maximale pouvant être mesurée par un manomètre est en partie déterminée par l'angle du pied de celui-ci. Sur le plan mécanique, l'angle du manomètre a une incidence sur la relation entre le mouvement du réservoir de contre-pression et le mouvement de l'arbre de commande. Aux fins de mesure du niveau de l'eau, le réservoir de contre-pression est réglé pour assurer une répartition égale du mercure dans les deux branches du tube en « U », peu importe l'angle du manomètre. Si l'angle est modifié, le moteur ramènera le réservoir de contre-pression à sa position de départ. Il s'ensuivra un écart de lecture par le style et le compteur, même si le niveau de l'eau est resté stable. Un essai démontrera que l'augmentation de l'angle du pied (à partir de la verticale) se traduira par une valeur plus élevée au compteur, et que la diminution de cet angle donnera lieu à une valeur moins élevée au compteur.

À mesure que l'angle du pied est augmenté, le moteur doit déplacer le réservoir de contre-pression sur une plus grande distance le long de la voie de roulement afin d'atteindre le même équilibre vertical. Puisque le train d'engrenages de commande comporte aussi les commandes du compteur et du style, les variations du compteur et de la courbe tracée sur le papier augmentent proportionnellement.

Selon le modèle de manomètre utilisé, on compte trois grands types de corrections qui peuvent être effectuées lors du réglage de l'angle de celui-ci.

- Dans le cas des manomètres de modèle 301 (figure 17), l'angle peut être réglé pour corriger toute divergence entre la jauge de référence et le compteur qui affiche une variation proportionnelle à la variation de la position du réservoir de contre-pression. Le réglage est échelonné en millimètres de correction par mètre de niveau d'eau. On remarquera que la plupart des erreurs dues aux variations de température, à la densité de l'eau et à la friction du gaz peuvent être corrigées à chaque visite en réglant de nouveau le manomètre d'après la jauge de référence. (Voir [section 4.2](#)). L'angle de réglage approprié est déterminé au moyen d'un graphique en y inscrivant point par point les lectures de la jauge de référence et en les comparant avec les écarts observés entre celle-ci et le compteur (figure 18).
- Dans le cas du modèle 311 (figure 17), le réglage de l'angle du manomètre peut servir à corriger les variations de température du mercure ou l'élévation du manomètre au-dessus de la prise de pression. Lorsque la température s'élève, le mercure prend de l'expansion, simulant ainsi une élévation du niveau de l'eau qui agit alors sur le manomètre. Une correction visant à tenir compte de l'élévation de la température peut être apportée en abaissant le pied du manomètre. Le poids de l'azote (un peu plus élevé que celui de l'air) contenu dans le tube d'injection a pour effet d'aspirer le mercure dans le réservoir de contre-pression, causant par le fait même une diminution de la valeur relevée au compteur. Pour rectifier une élévation accrue au-dessus de la prise de pression, il faut abaisser le pied du manomètre.

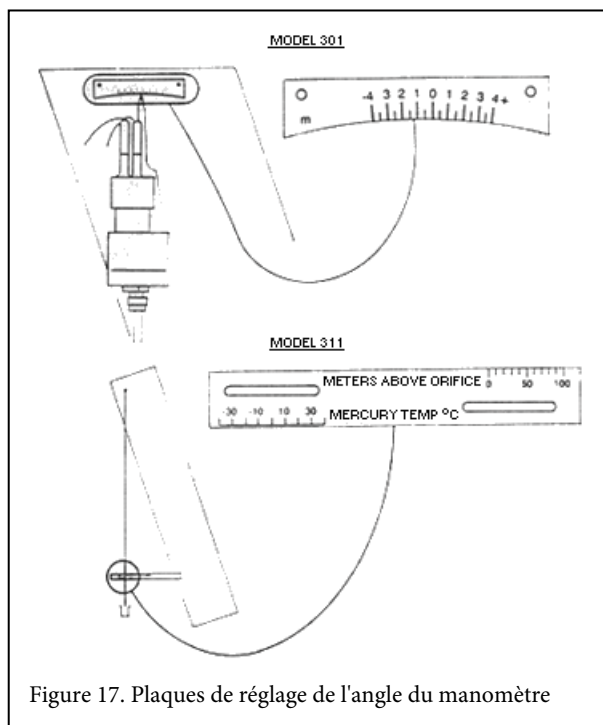


Figure 17. Plaques de réglage de l'angle du manomètre

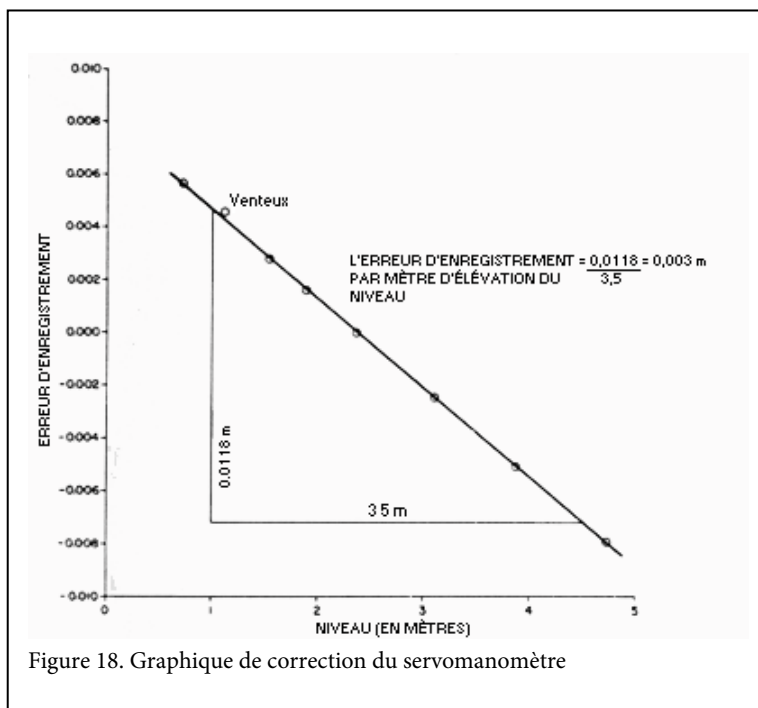


Figure 18. Graphique de correction du servomanomètre

6.4 ENTRETIEN DE LA SERVOCOMMANDE

La servocommande est un appareil à circuits intégrés qui devrait fonctionner sans problèmes. Elle ne nécessite pas d'entretien périodique, mis à part son nettoyage. Cependant, un examen visuel de l'interrupteur DELAY doit être fait à chaque visite afin de s'assurer que celui-ci est réglé à la position « MAX ».

Un essai périodique du temporisateur est recommandé. À l'aide de l'interrupteur d'essai manuel, actionner le manomètre pour simuler une hausse et une baisse du niveau de l'eau. Cette manœuvre permet une vérification de l'asservissement, du temps de réaction, de la sensibilité de l'appareil aux variations du niveau de l'eau et de l'état de l'accumulateur (si la charge de celui-ci est faible, le moteur ralentira et peinera au cours d'un essai d'une minute ou plus). Elle permet aussi la vérification du rendement du moteur et la détection d'un quelconque coincement du train d'engrenages. Si le circuit de temporisation est défectueux, régler l'interrupteur DELAY à la position « MIN » et essayer de faire fonctionner le matériel jusqu'à ce qu'on puisse le remplacer.

Une défaillance de la servocommande peut être causée par un bris du circuit de temporisation ou par son incapacité de déplacer le servomanomètre dans une direction. Quelquefois, le problème peut être résolu sur place en ouvrant le boîtier de la servocommande et en vérifiant s'il n'y a pas de traces de corrosion sur les contacts; la plupart du temps, il faut remplacer la servocommande et la faire réparer dans un atelier.

Dans des conditions d'utilisation normales, les piles devraient être efficaces pendant une année entière, bien qu'aux stations où l'on mesure le niveau du cours d'eau au débit régularisé, les mouvements excessifs du manomètre peuvent entraîner un épuisement plus rapide des piles. Idéalement, on doit remplacer les piles à l'automne de façon qu'elles soient en mesure de résister aux effets néfastes, sur leurs charges, des températures très froides. Lors du remplacement de piles, veiller à ce que la polarité des bornes soit respectée; le manomètre ne fonctionnera pas si celle-ci est inversée. Vérifier l'état des piles à chaque visite au moyen d'un voltmètre. Inscrire les données nécessaires sur la pile au moment de son installation et de sa réception du fabricant. Les piles sèches doivent être vérifiées au cours d'essais en charge. Ainsi, on obtient une meilleure indication de la quantité d'énergie restant dans la pile sèche.

DEUX MÉTHODES D'ESSAI EN CHARGE

- I. Pendant environ 15 secondes, vérifier la tension à l'aide d'un voltmètre alors qu'une résistance de 50 ohms et de 10 watts est placée entre les bornes d'une pile sèche de 12 volts.
- II. Une méthode moins précise mais efficace consiste à vérifier, pendant environ 15 secondes, la tension au moyen d'un voltmètre en faisant tourner le moteur du manomètre. La tension doit être mesurée à chaque visite de la station et inscrite sur le côté de la pile sèche au moyen d'un autocollant ou sur le registre du manomètre. La pile sèche doit être remplacée lorsque sa tension en charge devient inférieure à 85 % de sa tension initiale. En règle générale, cette tension minimale doit donc être de 10,2 volts pour une pile sèche de 12 volts, et de 7,6 volts pour une pile de 9 volts.

Avant d'utiliser une servocommande dans une station ou si une défectuosité surgit lors de son utilisation, on doit se servir d'un appareil conçu à cet effet pour en vérifier l'état. La marche à suivre en pareil cas est exposée à la page A-3 du guide de Loeppky (1981).

6.5 ENTRETIEN DE L'ENREGISTREUR

Le mode d'emploi livré avec l'enregistreur contient toutes les directives relatives à l'utilisation et à l'entretien courant de celui-ci.

Vérifier le mécanisme d'entraînement de l'enregistreur de chaque appareil. Vérifier aussi le centrage et le réglage du style en vous reportant aux directives inscrites dans la brochure du fabricant. Les vérifications sont identiques à celles décrites pour un enregistreur à flotteur.

Graphique d'enregistrement • Procéder à l'examen de la courbe tracée sur le graphique pour voir si celle-ci n'est pas irrégulière, ce qui indiquerait des fuites intermittentes du circuit de gaz, l'apparition de défectuosités mécaniques ou électriques, une prise de pression en train de s'enliser dans la vase, un dédoublement de l'orifice (pointe de puits foncé), etc. Une diminution du débit de bulles pourra parfois, à titre de solution temporaire, corriger un dédoublement d'orifice dans le cas de pointes de puits foncé.

Généralités • Vérifier si le manomètre est calibré correctement (débit de bulles), si le niveau de mercure est adéquat, si les éléments de la construction mécanique sont bien agencés, si la chaîne d'entraînement entre le manomètre et l'enregistreur est bien alignée et correctement tendue. Enlever la poussière, les mouches, etc. du boîtier du manomètre et des pièces mobiles.

6.6 FONCTIONNEMENT HIVERNAL

Étant donné que le point de congélation du mercure est de -38 °F (-38,89 °C) et que des températures moindres sont souvent enregistrées durant les hivers canadiens, il faut, soit remplacer le mercure par un autre produit, soit protéger le manomètre des froids extrêmes. Jusqu'à présent, aucune substance pouvant remplacer le mercure n'a été découverte.

Pour la période hivernale, le manomètre doit être mis dans un coffret isolé fait de contre-plaqué et de polystyrène expansé. Celui-ci peut être chauffé au moyen d'un appareil catalytique au propane, tel le Catadyne BX3x4, d'une capacité de 300 kJ à l'heure. Cet appareil fonctionnera une saison entière avec une bouteille de propane de 40 kg. La bouteille doit être fixée au mur.

Si une source d'alimentation en courant alternatif est disponible à la station, une lampe à infrarouge suffira à

chauffer le manomètre sans qu'il soit nécessaire de recourir à l'installation d'un coffret en contreplaqué et en polystyrène dans l'abri. S'assurer que la conduite de gaz ne passe pas trop près de la source de chaleur.

6.7 PURGE DU TUBE D'INJECTION

La purge du tube d'injection a pour objet :

1. de chasser des sédiments ou des fragments de glace obstruant la prise de pression;
2. de situer la prise de pression;
3. d'enlever la glace, l'eau ou l'huile qui pourrait s'être introduite dans le tube.

Méthode de purge du tube d'injection.

1. Fermer les robinets (66), (59) et (61).
2. Ouvrir le robinet (67).
3. Faire circuler l'azote dans le tube. La bouteille d'azote doit émettre un sifflement. (Si ce sifflement ne dure que quelques secondes, cela signifie que le tube est bouché).
4. Sortir de l'abri et situer l'endroit où les bulles font surface sur le lac ou sur le cours d'eau. On peut ainsi déterminer si l'azote s'échappe par la prise de pression ou ailleurs. S'il ne s'échappe pas de la prise de pression, vous vous trouvez en présence d'une fuite du tube d'injection ou d'une rupture de celui-ci sous la surface de l'eau. Si la bouteille émet un sifflement et que vous ne voyez pas de bulles remonter à la surface, localiser la fuite qui se produit vraisemblablement au-dessus de l'eau.

Observer la couleur des bulles remontant à la surface. Des bulles brouillées peuvent indiquer que la prise de pression est en train de se boucher.

5. Retourner à l'abri et fermer le robinet (67), puis ouvrir les robinets (66), (59) et (61).

Noter – le robinet (61) doit être ouvert lentement. Observer le mercure dans le réservoir de l'interrupteur à flotteur pour voir s'il ne s'y est pas bâti une pression en raison d'une obstruction partielle de la canalisation.

6.8 PRISES DE PRESSION, TUBES D'INJECTION ET DISPOSITIFS D'ANCRAGE

6.8.1 Différentes prises de pression

On peut doter un manomètre de différentes prises de pression. Le type de prise de pression convenant à une station particulière est choisi d'après les conditions du milieu, la disponibilité des matériaux et les options privilégiées dans une région.

1. Le dispositif d'ancrage le plus répandu est constitué d'un lest fixé à l'extrémité du tube d'injection de façon à garder celui-ci en place. N'importe quel objet pouvant assurer une certaine stabilité au fond d'un cours d'eau peut servir de lest. Il peut s'agir d'un bloc de béton muni de quelques attaches permettant d'y assujettir la prise de pression, d'un bout de rail de chemin de fer percé de deux ou trois trous de fixation ou de roches plates attachées à la prise de pression.

2. Un deuxième mode d'ancrage pouvant se révéler très efficace consiste en l'installation d'un tuyau attaché au bas de la pile d'un pont du côté protégé du courant. Le tube d'injection est doté d'un chapeau de tuyau au moyen d'un raccord Swagelok. Cette méthode assure une grande stabilité à la prise de pression ainsi qu'une bonne protection contre la glace et les débris.
3. Un troisième type d'ancrage de la prise de pression qui convient aux cours d'eau présentant un lit vaseux ou mou consiste à enfouir dans le lit du cours d'eau un tuyau auquel est attachée la prise de pression.
4. Aux endroits où les glaces de fond représentent un problème, une prise de pression en plastique peut se révéler efficace. On utilise pour ce type d'installation un tube d'injection en plastique doté d'un chapeau de tuyau en plastique au moyen d'un raccord, également en plastique. Ce raccord est assujéti au tuyau et au bloc d'ancrage. Ce type de prise de pression a été utilisé avec succès aux stations où la glace de fond se forme habituellement pendant la période de gel. L'élimination de la glace de fond préviendra le gel complet de la prise de pression.
5. Une autre technique consiste à mettre en place des pointes filtrantes standard enfouies dans le lit du cours d'eau et entourées par une poche de sable ou de gravier (la pointe filtrante peut aussi être lestée, puis déposée sur le lit du cours d'eau). On a recours à cette méthode quand :
 - a. les courants adjacents à la prise de pression sont forts;
 - b. une prise de pression standard risque de geler dans la couche de glace;
 - c. le cours d'eau est chargé de vase.

6.8.2 Stabilité du tube d'injection et du dispositif d'ancrage

Pour obtenir un relevé précis des niveaux d'eau, il est essentiel que la prise de pression soit stable. Tout mouvement de celle-ci est interprété par l'enregistreur comme un changement du niveau de l'eau. Voici une liste des éléments qui font peser une menace sur la prise de pression.

1. La glace
 - La glace peut couper le tube d'injection ou le comprimer. Elle peut aussi changer l'élévation de la prise de pression.
 - La glace de fond peut en outre obstruer la prise de pression.
2. Le feu
 - Un feu d'herbe ou un feu de camp brûlant au-dessus du tube d'injection peuvent le faire fondre, et ce même si celui-ci est enterré.
3. Les animaux
 - Le bétail pataugeant dans la rivière peut endommager le tube d'injection.
 - Les animaux, tout particulièrement les castors, peuvent perforer le tube d'injection en le mordant.
4. L'homme
 - L'homme peut causer des dommages accidentels. Par exemple, des pêcheurs peuvent accrocher le tube d'injection avec leurs hameçons.

- Il peut aussi poser des actes de vandalisme.
5. L'envasement ou l'érosion du lit du cours d'eau
 - Ces phénomènes peuvent provoquer un recouvrement de la prise de pression ou miner l'assise du dispositif d'ancrage, rendant ainsi la prise de pression instable.
 6. La flore aquatique
 - Par son action sur la prise de pression, elle peut causer du barbouillage.
 7. L'eau ou l'humidité
 - Elles produisent un effet semblable à celui d'un tube en « U » à l'intérieur du tube d'injection (voir le guide de Loeppky, 1981, ainsi que la [section 7.3](#)).
 8. Les frottements
 - Les mouvements du tube d'injection (par exemple, son frottement contre des roches à arêtes vives) peuvent entraîner sa perforation et, du même coup, une fuite.
 9. Les débris
 - Les gros arbres et autres débris descendant le cours d'eau peuvent accrocher le tube d'injection.

6.8.3 Techniques d'installation

1. D'une manière générale, le tube d'injection doit être enfoui le plus profondément possible, compte tenu des conditions du sol. S'il ne peut être enfoui, des roches doivent être disposées de façon à le recouvrir. On peut aussi utiliser des tiges d'ancrage pour le maintenir en place et le soustraire à la vue des vandales.
2. On peut protéger le tube en le faisant passer à l'intérieur d'un conduit ou en l'attachant à un câble armé. Ces mesures augmentent le poids de la canalisation, la maintenant ainsi aussi à l'écart que possible des bateaux, des débris flottants et de la glace. Les conduits et les câbles armés augmentent la rigidité de la canalisation, améliorant ainsi sa résistance à la glace, aux vandales, aux bateaux à moteurs, aux dents des animaux et aux débris.
3. Le tube d'injection ne doit pas être enroulé sur lui-même à l'intérieur de l'abri. Cette situation provoque l'accumulation d'humidité qui faussera la collecte des données.
4. Le tube d'injection ne doit présenter aucun point bas (son extrémité doit constituer le point le plus bas par rapport au manomètre, et aucun point ne doit être plus haut que celui qui le précède). L'eau s'accumule dans les points bas d'une canalisation, ce qui produit un effet semblable à celui d'un tube en « U ».
5. En général, une indication visible depuis une embarcation et précisant qu'il s'agit d'une zone où il y a risque d'accrocher une canalisation éloignera les pêcheurs.
6. Les prises de pression en plastique résistent à la formation de glace de fond.
7. On doit de temps à autre enlever la flore aquatique incrustée sur l'extrémité de la canalisation en grattant celle-ci avec un couteau.

8. Les prises de pression doivent être placées de façon que le poids de l'eau au-dessus de celles-ci corresponde au niveau de l'eau du lac ou du cours d'eau.
9. Si la prise de pression est partiellement enfouie dans la vase, le niveau d'eau enregistré sera supérieur au niveau d'eau réel du lac ou du cours d'eau.
10. La prise de pression ne doit pas être placée dans un courant rapide, mais s'il est impossible de procéder autrement, elle doit être maintenue à angle droit par rapport à la direction du courant.
11. La prise de pression doit être tenue à l'écart des emplacements à forte turbulence.

7.0 DÉTECTION DES ANOMALIES

Les anomalies que peut présenter un manomètre de niveau d'eau et les méthodes permettant de les repérer et de les corriger sont décrites ci-après. Nous ne traiterons ici que des anomalies relatives au circuit de gaz et au servomanomètre, car celles concernant l'enregistreur sont analysées dans le guide du fabricant qui renferme des directives d'entretien adéquates à cet égard.

Il existe deux méthodes qui permettent la détection immédiate des anomalies de l'installation.

- I. La première fait appel à une analyse des renseignements concernant le niveau de l'eau et la consommation de gaz inscrits sur le registre de la station.
- II. La seconde consiste à examiner l'aspect du graphique représentant le niveau de l'eau produit par l'enregistreur.

Si le registre de la station et le graphique d'enregistrement font état de valeurs normales, on peut alors en conclure que l'installation fonctionne correctement.

7.1 FUITES DE GAZ

Si la consommation de gaz enregistrée sur le registre de la station semble anormalement élevée, vérifier si le circuit de gaz présente des fuites en retenant le gaz dans les différentes parties de l'installation. Fermer les robinets suivants en respectant l'ordre ci-après.

1. Le robinet à pointeau pour le réglage du débit (63) (rotation complète dans le SH).
2. Le robinet du régulateur de pression (53) (rotation complète dans le SAH).
3. Le robinet de la bouteille (56) (rotation complète dans le SH).

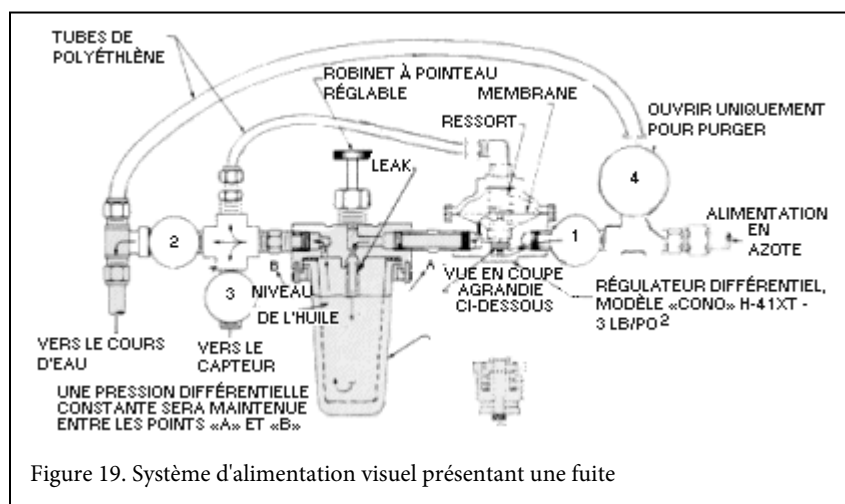
Aussitôt que les robinets sont fermés, relever les valeurs mesurées par l'indicateur de la pression d'alimentation, l'indicateur de pression de la bouteille, ainsi que le chiffre du compteur du manomètre. Régler l'interrupteur DELAY se trouvant sur la servocommande à la position «MIN», puis observer le compteur du manomètre ainsi que les deux indicateurs de pression reliés à la bouteille afin de savoir s'il se produit une chute de pression. Une baisse continue des valeurs affichées sur l'un de ces appareils révélera la présence d'une fuite dans une partie précise du circuit de gaz.

1. Une diminution de la valeur mesurée par l'indicateur de pression interne révèle l'existence d'une fuite entre le robinet de la bouteille et le robinet du régulateur. Avant de vérifier les raccords ou de procéder à d'autres contrôles, s'assurer que le gaz ne s'échappe pas autour de la tige du robinet de la bouteille (noter que cette situation ne devrait pas se présenter si le robinet est complètement ouvert).
2. Une diminution de la valeur mesurée par l'indicateur de la pression d'alimentation est l'indice qu'il existe une fuite entre le robinet du régulateur de pression (53) et le robinet à pointeau pour le réglage du débit (63).
3. Une diminution de la valeur affichée au compteur signifie qu'une fuite existe quelque part dans l'installation (y compris le manomètre) en aval du robinet de réglage du débit. Fermer le robinet du manomètre (61) afin de déterminer si la fuite se trouve du côté du circuit de gaz ou du côté du manomètre.

Afin de repérer une fuite à un point de raccordement ou en un endroit particulier, enduire les zones suspectes d'un détecteur de fuites (une fuite de gaz produira des bulles). Si la température est glaciale, mélanger (en quantité égale) le détecteur avec de l'antigel.

Des fuites peuvent se produire entre les filets de serrage du petit tube d'où s'échappent les bulles à l'intérieur de l'indicateur (voir figure 19). La fuite peut être décelée facilement en diminuant le débit de bulles jusqu'à ce qu'une bulle se forme sur l'extrémité de ce tube. Si cette dernière reste en place, le raccord est en bon état. La disparition de la bulle à l'intérieur du tuyau indique une fuite probable. Enlever alors l'indicateur et effectuer une nouvelle vérification en augmentant le débit de bulles tout en bouchant l'extrémité du tuyau avec un doigt et en enduisant le raccord de détecteur de fuites. Pour éliminer la fuite, appliquer un agent d'étanchéité adéquat sur les filets du tuyau et serrer celui-ci.

Le symptôme révélateur de ce type de fuite n'est qu'une consommation d'azote élevée.



7.2 FAUSSES ÉLÉVATIONS DU NIVEAU D'EAU

Les fausses élévations du niveau de l'eau (barbouillage) dont rend compte le style sur le papier d'enregistrement sont d'ordinaire le résultat de l'obstruction du tube d'injection ou de la prise de pression, ou encore attribuables à la présence d'huile ou d'eau dans le tube de contre-pression. Elles se manifestent sous la forme d'une courbe décrivant des oscillations pouvant atteindre plusieurs centimètres, et elles peuvent être tellement fréquentes qu'on croirait que le manomètre n'a fait que monter et descendre sans arrêt.

La première étape de la vérification des causes de fausses élévations du niveau de l'eau consiste à vérifier s'il y a présence d'huile ou d'eau dans le tube de contre-pression. Même s'il ne s'agit pas là de la cause la plus probable, c'est néanmoins la plus facile à déceler puisque le tube est transparent, ce qui permet d'y détecter facilement ces deux substances. S'il y a présence évidente de ces impuretés, fermer le robinet (61), débrancher les deux extrémités du tube de contre-pression et essayer de chasser le liquide hors de celui-ci en soufflant dedans. Si l'on n'y parvient pas, nettoyer l'intérieur du tube au moyen d'un solvant à séchage rapide approprié.

Les dépôts de vase (ou d'autres matières étrangères) sur la prise de pression ou autour de celle-ci constituent une cause plus fréquente de fausse élévation du niveau de l'eau. Dans un premier temps, enlever les dépôts accumulés autour de la prise de pression, puis vérifier si la position de cette dernière ne la prédispose pas aux obstructions. Si tel est le cas, la relever ou même, la relocaliser dans le cours d'eau.

L'huile (ou un liquide à texture huileuse) qui a été recueillie dans les points bas du tube d'injection et qui adhère aux parois alors que le gaz essaie de l'expulser peut aussi être la cause de fausses élévations du niveau de l'eau. La

seule solution possible consiste à purger le tube d'injection. Commencer par fermer le robinet du tube d'injection (59), le robinet du manomètre (62) et le robinet de l'indicateur visuel (66) en tournant ceux-ci complètement dans le SH. Puis, ouvrir le robinet de dérivation pour la purge (67) (SAH). Augmenter lentement la pression de la bouteille jusqu'à ce qu'elle se situe entre 50 et 60 lb/po² afin de purger l'installation. Aussitôt que cette pression sera atteinte, fermer le régulateur afin d'éviter une surconsommation d'azote. Fermer le robinet de dérivation pour la purge (67) en le tournant dans le SH; ouvrir les robinets (59), (61) et (66), puis ramener le robinet du régulateur (53) à sa position normale.

7.3 FAUSSES BAISES DU NIVEAU D'EAU

Les fausses baisses du niveau de l'eau sont dues à des fuites intermittentes du circuit de gaz causant des pertes de pression temporaires. Elles sont représentées sur le graphique par des baisses du niveau de l'eau relativement rapides suivies d'une remontée lente de celui-ci, s'échelonnant habituellement sur un certain nombre d'heures. À l'occasion, une fuite intermittente peut ne survenir que lorsque le niveau de l'eau est élevé, ce qui entraîne l'enregistrement de crêtes ayant une élévation de plusieurs pieds inférieure au niveau réel.

Les fuites intermittentes sont difficiles à localiser en raison de leur nature irrégulière. Pour simuler les conditions pouvant provoquer ce type de fuite, augmenter la pression du gaz dans le circuit de la façon suivante.

1. Débrancher la fiche Cannon à 5 broches de la prise située à l'arrière du manomètre. Cette mesure vise à empêcher le fonctionnement du servomanomètre. Débrayer le pignon du moteur et abaisser manuellement le chariot à son point le plus bas.
2. Fermer le robinet du tube d'injection (59) (rotation complète dans le SH).
3. Laisser entrer le gaz dans le réservoir de contre-pression jusqu'à ce que le mercure contenu dans le tube de transfert (49) soit de niveau avec le bas du flotteur.
4. Fermer le robinet de l'indicateur visuel (66) (rotation complète dans le SH) afin de maintenir une pression de gaz élevée dans le circuit.
5. Vérifier le niveau du mercure dans l'interrupteur à flotteur (une variation du niveau indiquerait la présence d'une fuite). Utiliser une solution savonneuse pour repérer l'emplacement exact de la fuite.

Pour vérifier s'il y a une fuite intermittente dans le tube d'injection, boucher la prise de pression et introduire du gaz sous pression directement dans le tube.

7.4 DÉBIT DE BULLES INSTABLE

Un débit de bulles instable est provoqué par une défaillance du régulateur de pression différentielle constante ou par un corps étranger logé dans le robinet à pointeau servant au réglage du débit.

En premier lieu, vérifier le fonctionnement du régulateur en déterminant quel doit être le débit de bulles dans l'indicateur sous une pression d'alimentation normale de 35 lb/po². Augmenter la pression d'alimentation jusqu'à 60 lb/po², puis vérifier si le débit de bulles est resté à peu près stable. Si ce dernier a sensiblement augmenté, l'anomalie est probablement due à une petite particule métallique logée dans le siège mou du robinet du régulateur. On devrait pouvoir stabiliser le débit de bulles en enlevant cette particule.

Si le régulateur fonctionne de façon satisfaisante au moment de l'essai, l'anomalie est probablement due à des particules de joint d'étanchéité logées dans le robinet à pointeau prévu pour le réglage du débit. Pour déloger ces particules de joint, on ne doit enlever le pointeau qu'en dernier ressort, puisque la réinsertion de celui-ci risque de faire glisser d'autres particules de joint dans le robinet à pointeau, et de provoquer ainsi la réapparition de l'anomalie.

7.5 INSTABILITÉ DU MANOMÈTRE

Une bande étroite tracée sur le graphique indique que le manomètre oscille continuellement entre deux positions. La bande est semblable à celle produite dans le cas de fausses élévations du niveau de l'eau, sauf qu'elle est plus étroite (d'ordinaire, elle ne dépasse pas 10 cm).

On rencontre ce phénomène dans les cas suivants :

1. Les contacts de l'interrupteur à flotteur sont trop près l'un de l'autre. Augmenter l'écartement des contacts en faisant tourner légèrement l'un des contacts latéraux (1) jusqu'à ce que la distance les séparant soit légèrement supérieure, ou jusqu'à ce que le barbouillage étroit cesse.
2. Les rubis retenant le pivot de l'interrupteur à flotteur sont mal ajustés. Si les rubis sont trop serrés ou trop desserrés, les régler à la tension appropriée. S'il semble que les vibrations de l'instrument ont provoqué le dérèglement des rubis, appliquer une mince couche de glyptal dans l'empreinte des vis.
3. Une rétention d'air dans le tube de transfert du mercure. Tapoter le tube afin d'en déloger les bulles d'air. Si cette manœuvre ne donne pas les résultats escomptés, fermer le robinet du manomètre (61), débrancher le tube de contre-pression à la hauteur du raccord (60) et amener manuellement le chariot à son point le plus bas, puis le ramener à sa position initiale.
4. La présence de flore aquatique sur la prise de pression. On peut corriger cette situation en grattant l'intérieur de la prise de pression avec un canif ou en la raccourcissant d'environ un pouce.
5. L'utilisation d'un moteur ayant un régime trop élevé.

7.6 FAIBLE SENSIBILITÉ

Si la sensibilité (précision attendue du manomètre) est faible, les contacts de l'interrupteur à flotteur sont soit trop écartés, soit encrassés. Vérifier leur écartement et régler le contact de l'interrupteur à flotteur et chacun des contacts fixes pour que l'espacement entre ces derniers varie de $\frac{1}{32}$ à $\frac{1}{64}$ pouce. Nettoyer bien les contacts en les grattant doucement avec une lame de couteau bien affûtée de façon à enlever les taches sombres s'y étant formées. (N'utiliser aucun liquide nettoyeur pour contacts). De l'air emprisonné dans le tube de transfert peut aussi être la cause d'une faible sensibilité.

Procéder à l'essai de la sensibilité du manomètre en déplaçant la manette de l'interrupteur d'essai de la servocommande (TEST) vers la gauche ou vers la droite et en relevant le chiffre du compteur. Déplacer le manomètre sur une distance spécifique (0,6 mm) par rapport au niveau réel, puis le laisser reprendre sa place de lui-même. Vérifier si la position à laquelle il s'est finalement arrêté (il peut dépasser le niveau de l'eau une fois) correspond à celle de la lecture initiale du compteur (+ 0,15 mm).

7.7 ENREGISTREMENT INÉGAL DES VARIATIONS DU NIVEAU D'EAU

Des représentations graphiques des variations du niveau de l'eau ayant l'apparence d'un escalier indiquent que le manomètre ne capte pas, pendant un certain nombre d'heures, une variation du niveau de l'eau, puis réagit vivement pour combler l'écart. Cette anomalie peut être causée soit par l'interrupteur à flotteur, soit par le moteur d'entraînement.

Vérifier d'abord si les contacts de l'interrupteur à flotteur et les vis empierrées sont correctement ajustés, et si les contacts sont propres. Si l'état de l'interrupteur à flotteur semble satisfaisant, il s'agira alors probablement d'une défectuosité du moteur d'entraînement.

Procéder à l'essai du moteur d'entraînement en plaçant l'interrupteur d'essai situé sur la servocommande à

chacune de ses positions de façon à faire tourner le moteur dans les deux sens. Si le moteur ne fonctionne pas, s'il fonctionne par à-coups ou s'il ne peut pas ramener le manomètre à sa position initiale, le remplacer.

7.8 LE MOTEUR PEINE

Lorsque le moteur peine, c'est presque toujours à cause d'une pile faible. Mettre le moteur sous une charge normale, placer l'interrupteur d'essai (TEST) situé sur la servocommande à l'une ou l'autre des positions et faire fonctionner le moteur pendant une minute complète. Si le régime du moteur diminue au cours de cette période, il faut remplacer la pile.

S'assurer qu'il n'y a pas de friction à l'intérieur du moteur. Débrayer le pignon du moteur de la roue d'entraînement principale. Faire fonctionner le moteur et vérifier si son train d'engrenages émet un bruit normal (ronnement uniforme). Tandis que le moteur est encore débrayé, faire tourner manuellement la roue d'entraînement et vérifier si l'appareil ne présente pas de signes de friction ou de grippage.

7.9 DÉFECTUOSITÉS ÉLECTRIQUES

Mis à part des contacts électriques défectueux, la plupart des défauts électriques probables sont liés à une inversion de la polarité lors de la reconnexion des conducteurs.

Procéder de la façon suivante pour effectuer la vérification des défauts électriques.

1. Panne de courant complète :
 - a. Vérifier l'état de toutes les connexions.
 - b. Vérifier la polarité des connexions aux bornes de la pile.
2. Le moteur déplace sans cesse le manomètre dans une direction, jusqu'à ce que l'interrupteur de fin de course mette le moteur à l'arrêt.
 - a. Vérifier s'il n'y a pas inversion des contacts (1) sur le chapeau de l'interrupteur à flotteur.
 - b. Vérifier s'il n'y a pas inversion des connexions des interrupteurs de fin de course.

7.10 DÉGEL DES TUBES D'INJECTION

Si vous soupçonnez un gel du tube d'injection :

1. Fermer le robinet d'isolement du manomètre (61).
2. Fermer les robinets (66) et (59), puis débrancher le tube d'injection à la hauteur du raccord (58).
3. Injecter de l'hydrate de méthyle (alcool méthylique) dans la canalisation au moyen d'une seringue.
4. Raccorder la canalisation puis ouvrir le robinet (67).
5. Porter la pression entre 40 et 60 lb/po², puis fermer le robinet de la bouteille en attendant que la canalisation dégèle.

Cette méthode peut nécessiter de 2 à 6 heures.

Une fois le tube purgé :

1. Ouvrir le robinet de la bouteille pour s'assurer que le tube est bien purgé.
2. Réduire la pression à 35 lb/po².
3. Ramener les robinets à leur position de fonctionnement normal [fermer le robinet (67) et ouvrir les robinets (66) et (59)].
4. Laisser la pression monter dans le circuit avant d'ouvrir lentement le robinet d'isolement du manomètre (61).

7.11 GRILLE DE DÉPANNAGE

Vous trouverez au tableau 2 un aperçu des défauts que peut présenter un manomètre, ainsi qu'une liste des mesures qu'il convient de prendre dans chaque cas.

Tableau 2. Grille de dépannage		
Symptômes	Causes possibles	Mesures à prendre
Aucune variation du niveau de l'eau	Bouteille de gaz vide	Remplacer la bouteille d'azote
	Pile à plat	Remplacer la pile
	Inversion des fils raccordés à la pile	Vérifier la polarité
	Défectuosité de la servocommande	Vérifier ou remplacer la servocommande
	Défectuosité du moteur électrique	Vérifier les balais et le train d'engrenages du moteur
	Mercure gelé par très grand froid	Installer un dispositif de chauffage
Barbouillage uniforme	Présence d'eau dans la canalisation	Purger la canalisation, essayer d'augmenter légèrement le débit de bulles; il peut être nécessaire de remettre en place la canalisation de façon à en éliminer les points bas
	Huile de silicone dans la canalisation	Purger la canalisation avec de l'essence; vérifier si le niveau d'huile dans l'indicateur n'est pas trop élevé
Barbouillage irrégulier	Dépôts de vase sur la prise de pression	Enlever la vase ou déplacer la prise de pression
	Les vis empierrées de l'interrupteur à flotteur sont trop serrées ou trop desserrées	Les ajuster
	La vitesse du courant influe sur la prise de pression	Vérifier la vitesse du courant vis-à-vis la prise de pression avec un moulinet;

		abaisser la prise de pression ou utiliser une pointe de puits foncée
Tracé en bande (barbouillage étroit)	Les contacts de l'interrupteur à flotteur sont trop rapprochés	Augmenter l'écartement des contacts
	Air emprisonné dans le tube de transfert du mercure	Tapoter le tube afin d'en déloger les bulles d'air
	Les vis empierrées de l'interrupteur à flotteur sont trop serrées ou trop desserrées	Les ajuster
Faible sensibilité (graphique en forme d'escalier)	Les contacts de l'interrupteur à flotteur sont trop écartés	Les ajuster
	Les contacts sont encrassés ou souillés d'huile de silicone	Les gratter avec soin ou les remplacer
	Les vis empierrées de l'interrupteur à flotteur sont trop serrées	Les desserrer légèrement
	Les balais du moteur sont usés	Les vérifier et les remplacer au besoin
	Le style exerce une trop forte pression	Régler le contrepoids du style
Baisse et remontée marquées du niveau de l'eau (fausses diminutions du niveau de l'eau) (à ne pas confondre avec les variations journalières normales)	Fuites intermittentes habituellement causées par des variations de température	Fermer le robinet du manomètre, déconnecter les fils de raccordement à la pile, fermer le robinet du tube d'injection, mettre l'installation sous pression et vérifier les raccords avec un détecteur de fuites
Débit de bulles irrégulier	Présence de particules de métal ou d'huile dans le robinet à pointe du régulateur Conoflow	Accroître la pression d'alimentation et observer si le débit de bulles augmente; remplacer le régulateur Conoflow ou le démonter avec soin et le nettoyer
	Particules emprisonnées dans le siège du pointe	Regarder s'il y a des particules au fond de l'indicateur; remplacer le régulateur Conoflow ou le démonter avec soin et le nettoyer
Le moteur peine	Pile faible	La vérifier et la remplacer (au besoin)
	Défectuosité du train d'engrenages du moteur	Débrayer le moteur et le faire fonctionner; le remplacer s'il émet un bruit anormal
	Friction dans le train d'engrenages de l'instrument	Débrayer le moteur et faire fonctionner manuellement le train d'engrenages de l'instrument; s'assurer qu'il n'y a pas de grippage

Manomètre affichant une valeur maximale	Prise de pression complètement envasée ou gelée	Installer une nouvelle canalisation
Absence de mercure dans le réservoir de l'interrupteur à flotteur du servomanomètre; réservoir de contre-pression trop plein	Le raccord situé au bas du réservoir de l'interrupteur à flotteur n'est pas assez serré pour empêcher l'écoulement de gouttelettes de mercure, ou la vis de contact du flotteur est mal ajustée	Les vérifier et les ajuster
Absence de mercure dans le servomanomètre; réservoir de contre-pression à la hauteur de l'interrupteur de fin de course supérieur	Obstruction intermittente de la prise de pression, généralement causés par de la glace	Remplacer le mercure, diminuer la pression d'alimentation, enlever le bouchon si cela est possible et s'il le faut
Le servomanomètre ne fonctionne pas dans un sens	Défectuosité de la servocommande	La vérifier au moyen de l'interrupteur d'essai; la remplacer au besoin

8.0 DÉMONTAGE ET EMBALLAGE DU MATÉRIEL

Marche à suivre pour le démontage et l'emballage du matériel :

1. Déposer l'enregistreur et nettoyer le style.
2. Purger l'eau du réservoir d'essai. Laisser le temps au manomètre de se stabiliser (il devrait alors indiquer la pression atmosphérique).
3. Fermer le robinet de la bouteille d'azote. Permettre à la pression de baisser dans les différentes parties de l'appareil. Accélérer le processus en effectuant une purge.
4. Ouvrir tous les robinets, sauf celui de la bouteille d'azote.
5. Débrancher la pile.
6. Fermer le robinet du régulateur.
7. Enlever le mercure.
8. Enlever l'huile de l'indicateur visuel et le nettoyer.
9. Déposer l'interrupteur à flotteur.
10. Démonter et nettoyer tous les raccords.
11. Emballer tous les composants de la même façon qu'ils l'étaient lorsque vous les avez reçus et les mettre dans leur caisse d'origine.
12. Retourner le manomètre, le régulateur, la pile, les outils, l'enregistreur et la bouteille d'azote au magasin

9.0 JAUGES

L'enregistreur à style et le manomètre sont d'ordinaire étalonnés d'après la jauge de référence de la station. Celle-ci peut consister en une observation directe du niveau de l'eau à l'aide d'un repère de nivellement, d'une échelle limnimétrique extérieure, d'une sonde limnimétrique visuelle, etc. Un facteur de conversion ou une mise à zéro à partir du point de référence peuvent être utilisés pour convertir l'élévation résultante en une élévation géodésique. Le style et le compteur sont alors étalonnés selon cette élévation résultante.

10.0 DOCUMENTATION

Tout changement, majeur ou mineur, ainsi que l'état de la source d'alimentation en azote sont inscrits sur place dans le registre de la station (reportez-vous au chapitre Site Log, section III, 1.1 à 1.6, Water Stage Manometer – Type STACOM, Model 311). Ces renseignements doivent aussi être enregistrés sur la formule R21A (conservée au bureau). Toute modification majeure, telle l'installation d'un nouveau manomètre ou d'une nouvelle prise de pression, doit être indiquée sur le formulaire d'analyse de la station lorsque les données concernant cette dernière sont calculées.

11.0 SOMMAIRE

Après avoir complété la présente leçon, le technicien doit être capable de procéder à l'installation d'un servomanomètre de niveau d'eau et de le faire fonctionner. En outre, il doit pouvoir reconnaître et corriger les problèmes liés au fonctionnement de ce type de matériel. La connaissance approfondie des méthodes de manutention du mercure acquise au cours de cette leçon lui permettra enfin de faire fonctionner ce matériel hydrométrique en toute sécurité.

12.0 MANUELS ET BIBLIOGRAPHIE

12.1 MANUELS PRATIQUES

Environnement Canada (1976). Manuel pratique de levés hydrométriques : mesure de niveaux. Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau , Ottawa, Canada.

Loeppky, K.D. (1981). Servo-Manometer Gauge Troubleshooting Handbook, Région de l'Ouest et du Nord. Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Calgary (Alberta).

12.2 BIBLIOGRAPHIE

CAE Industries Ltd. (1968). CAE Water Stage Manometer installation, Operation and Maintenance Instructions.

CAE Industries Ltd. CAE Water Stage Manometer, Type STACOM, Model 311 : Installation, Operation and Maintenance Instructions.

CAE Industries Ltd. Installation Instructions, Metric Conversion Kit for Model 311(A) STACOM.

Conseil canadien de la sécurité (1983). Metallic Mercury Data Sheet. Occupational Safety and Health, No. G-2, Ref. 1983, 1765 boul. St. Laurent, Ottawa, Ontario.

Environnement Canada (1989). Hydrometric Equipment Handbook. Direction générale des eaux intérieures, Division des relevés hydrologiques du Canada, Ottawa, Canada.

Environnement Canada (1977). Metric Conversion of Hydrometric Field Equipment. Inland Waters Directorate Workshop, du 1er au 3 mars, 1977, Calgary, Alberta.

McDonald, W. (s.d.). Orientation on the Water-Stage STACOM Manometer System. Instrument Development Laboratory, Gulf Coast Hydrosience Center, Bay St. Louis, MI 39510.

Millar D. (1987). Manometer Basics. Division des relevés hydrologiques du Canada, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Vancouver, Colombie-Britannique, 1987.

Rantz, S.E. et coll. (1982). Measurement and Computation of Streamflow, Vol. 1 , Measurement of Stage and Discharge. U.S. Geol. Survey Water Supply Paper 2175.

Renwick, W.C. (1983). Dry Cells : Should They Be Replaced with Solar Charging Systems? Relevés hydrologiques du Canada, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Calgary, Alberta.

Tabershaw/Cooper Associates, Inc. (1977). Occupational Diseases : A Guide to Their Recognition. Rockville, MD.

ANNEXE A : MERCURE

MERCURE (Hg)

Souvent appelé vif-argent ou hydrargyre.

Aspect physique

- Matière liquide à la température de la pièce.
- Son point de congélation est de -38 °F (-38,89 °C).

Description générale

- Métal pur
- Il est liquide à la température de la pièce
- Il est de couleur blanc argenté
- Il est très dense et très mobile
- Il constitue un conducteur électrique moyen
- Sa tension superficielle est inférieure à celle de l'eau
- Il se répand dans toutes les directions s'il est échappé par terre
- Il peut être absorbé par les surfaces poreuses
- Il adhère aux vêtements et aux chaussures
- Il se dilate uniformément
- Il provoque la corrosion de l'acier et de l'aluminium tout en dégageant des vapeurs toxiques ou irritantes.

Inflammabilité et explosibilité

- Seul, il ne présente pas de risques d'inflammabilité ou d'explosibilité
- Il peut réagir violemment au contact de certains produits chimiques
- Il produit des vapeurs dangereuses lorsqu'il est chauffé.

DANGERS LIÉS AU MERCURE

Voies de pénétration

- Inhalation (la plus répandue)
- Ingestion
- Contact cutané.

Dangers d'ordre général pour la santé

À la température ambiante, le mercure dégage des quantités virtuellement dangereuses d'un gaz inodore et incolore qui ne peut être détecté par l'homme.

Voici une liste des facteurs qui peuvent modifier le taux de vaporisation du mercure :

- Variations de la température du mercure
- Variations de la surface d'exposition

- Variations de la circulation de l'air
- Variations de la température.

L'inhalation de grandes quantités de vapeurs de mercure fait courir un risque élevé d'intoxication aiguë ou chronique. Les organes les plus irrigués par le sang accumulent les plus fortes concentrations de mercure (c.-à-d., le foie, les reins, le cerveau). L'élimination du mercure des tissus cérébraux se produit lentement. Ainsi, à la suite d'une exposition au mercure, des troubles affectant le système nerveux central (c.-à-d., une irritabilité démesurée) peuvent persister pendant un certain temps.

Les effets chroniques du mercure peuvent survenir s'il y a :

- inhalation
- ingestion
- absorption cutanée (qui accélère les effets).

Symptômes

- inflammation de la bouche et des gencives
- enflure des glandes salivaires. Le mercure peut être éliminé par la salive
- salivation accrue
- anémie, teint pâle, perte d'appétit et de poids
- apparition de points noirs tirant sur le bleu le long des gencives
- perte des dents
- tremblements musculaires
- changements de la personnalité (c.-à-d., irritabilité, excitabilité, timidité, insomnie)
- les symptômes peuvent se produire des semaines, voire des années après l'exposition.

Effets aigus

- Ils peuvent se produire à la suite de l'inhalation d'une forte concentration de vapeurs ou de poussière de mercure.

Symptômes

- oppression et douleur à la poitrine
- respiration difficile
- toux
- irritation aiguë des voies respiratoires.

Autres symptômes pouvant apparaître à court terme

- goût métallique amer
- nausée
- douleurs abdominales
- vomissements
- diarrhée
- maux de tête
- quelques-uns ou tous les symptômes d'une intoxication au mercure chronique; problèmes psychopathologiques

- la mort peut s'ensuivre.

Effets localisés

- irritation cutanée (peut entraîner l'apparition de certains types de dermatite)
- lésions oculaires
- irritation des muqueuses.

Autres dangers liés au mercure

- Il peut entraîner des malformations physiques foetales.

Précautions générales liées à l'utilisation du mercure

- l'utiliser dans un endroit bien ventilé (laisser la porte de l'abri ouverte)
- utiliser des techniques de manutention sûres
- garder l'endroit propre — nettoyer toute éclaboussure de mercure.

Ventilation

- veiller à ce que les lieux où le mercure est entreposé et manipulé soient bien ventilés.

Équipement de protection

- utiliser un équipement de protection pour les yeux et le visage s'il y a risque d'éclaboussure (c.-à-d., au moment de l'installation du manomètre).

Récupération

- Le mercure usé doit être recouvert d'une couche d'eau ou d'huile minérale d'une épaisseur d'au moins ½ po. En outre, il doit être mis dans des contenants hermétiques
- Les éclaboussures doivent être nettoyées à l'aide d'un aspirateur muni de filtres au charbon interchangeables afin de prévenir l'émission de vapeurs
- Les zones où s'est produit un renversement doivent être lavées avec une solution contenant du sulfure de calcium ou du thiosulphate de sodium afin de neutraliser tout résidu de mercure oublié
- Le mercure usé doit être remis à une entreprise de récupération commerciale habilitée à le recevoir.

CHOIX DU PERSONNEL

Les personnes souffrant de maladies chroniques telles que la tuberculose, les affections rénales ou hépatiques, l'alcoolisme, ou dont la santé mentale ou physique est déficiente, ne doivent pas être assignées à des tâches où elles peuvent entrer en contact avec le mercure.

La même règle s'applique dans le cas des femmes enceintes, des personnes souffrant d'affections cutanées, d'allergies ou de carences dentaires.

Formation et supervision

L'employeur doit s'assurer que son personnel a été informé :

- des dangers que pose le mercure pour la santé
- des risques d'exposition au mercure
- des méthodes de travail sûres
- des mesures de prévention
- du mode d'emploi de l'équipement protecteur, de son entretien et de ses limites

- des mesures d'urgence et de secours adéquates.

Des personnes qualifiées représentant toutes les équipes de travail doivent être formées en vue de l'administration des premiers soins.

Premiers soins

Le personnel doit savoir comment entrer en contact rapidement avec un centre anti-poison ou un service d'urgence hospitalier. Malgré les précautions prises normalement, des accidents impliquant le mercure peuvent toujours se produire. Dans de telles circonstances, les premiers soins suivants doivent être administrés.

- Si la victime a inhalé des vapeurs de mercure, la transporter loin de la source de vapeur et s'assurer qu'elle soit gardée sous surveillance médicale.
- Avant de lui faire boire de l'eau ou du lait, lui rincer la bouche pour éviter que d'autres produits chimiques n'atteignent son estomac. Si la victime est inconsciente, la placer dans une position de réanimation et la surveiller attentivement car des vomissements peuvent se produire. Les victimes conscientes doivent être incitées à vomir afin d'expulser de leur estomac la plus grande quantité de produit chimique possible.
- Si le mercure renversé est entré en contact avec la peau ou avec les yeux, laver la partie contaminée avec de l'eau courante pendant au moins 15 minutes et amener la victime à l'hôpital.

ÉTUDE DE CAS

En décembre 1986, Santé et Bien-être social Canada a émis un rapport concernant les concentrations de mercure enregistrées à six stations hydrométriques de la région de Prince Albert, en Saskatchewan.

Les échantillons ont été prélevés pendant l'hiver par une température de - 4 °C. Les abris mesuraient 5 pi ou 10 pi sur 12 pi. Les températures enregistrées au niveau du plancher étaient inférieures au point de congélation.

La valeur limite d'exposition (VLE) de 0,05 mg/m³ renvoie à la concentration de substances dans l'atmosphère, et elle représente les conditions auxquelles presque tous les travailleurs peuvent être exposés de façon répétitive à chaque jour sans qu'ils ne ressentent d'effets nocifs.

Voici la liste des résultats de l'analyse des échantillons pris pendant l'hiver :

Station	Concentration de vapeurs
1. Tobin Lake (climat nordique)	aucune
2. Saskatchewan River en aval de Tobin Lake	
• (1^{ère} salle — mercure sur le plancher)	0,13 mg/m ³ à la hauteur du plancher aucune à la hauteur de travail (3 pieds)
• Salle de contrôle du matériel (Hg sur le plancher)	0,08 mg/m ³ près du plancher 0,03 mg/m ³ à la hauteur de travail
3. Saskatchewan River (vieux canal)	aucune à la hauteur de travail
4. Carrot River près de Armley	aucune à la hauteur de travail
5. South Saskatchewan River à St-Louis	aucune à la hauteur de travail
6. North Saskatchewan River à Prince Albert	aucune

7. Sur le plancher du magasin à Prince Albert

aucune

Recommandations contenues dans le rapport de Santé et Bien-être social Canada

1. Nettoyer les traces de mercure.
2. Installer en-dessous du manomètre des cuvettes amovibles de récupération du mercure.
3. Procéder à une vérification et à un essai du manomètre après un nettoyage.
4. Raccorder des réservoirs de trop-plein aux manomètres susceptibles de déborder.
5. Pendant les mois d'été, ouvrir les événements et laisser la porte ouverte pendant un bref moment avant d'entrer dans les stations.

R.B. Sylvester, directeur général – Santé des fonctionnaires fédéraux, affirme, dans une lettre du 30 décembre 1986, que puisque le personnel ne passe que peu de temps dans l'abri, « *nous ne pensons pas que votre personnel soit exposé à une quelconque concentration nocive de vapeurs de mercure* ».

Les 25 et 26 août 1986, une étude supplémentaire a été effectuée.

Station	Concentration de vapeurs détectée	Temp.
1. South Saskatchewan River à Saskatoon	aucune	15° C
2. South Saskatchewan River à St-Louis	aucune	20° C
3. Magasin de Prince Albert	aucune	
4. Véhicule de service	aucune	38° C
5. North Saskatchewan River à Prince Albert	aucune	24° C
6. Carrot River près de Armley	aucune	15° C
7. North Saskatchewan River, en aval de Tobin Lake		
• 1 ^{ère} lecture (hauteur du visage)	0,2 mg/m ³	14,5° C
	0,3 mg/m ³	14,5° C
• 2 ^e lecture (hauteur de la tablette)	0,6 mg/m ³	14,5° C
• 3 ^e lecture (hauteur du plancher)		

La limite tolérable pour une exposition de courte durée (STEL) est la concentration à laquelle les travailleurs peuvent être exposés pendant une courte période sans qu'il y ait d'irritations, de dommages chroniques ou irréversibles causés aux tissus ni de narcose suffisamment graves pour augmenter les risques de blessures accidentelles, d'affaiblir leur aptitude à assurer leur propre sécurité ou de réduire leur capacité réelle de travail.

Aucune valeur STEL n'a été adoptée pour les vapeurs de mercure.

Par ailleurs, en août 1986, les recommandations suivantes ont été faites par R.H. Jones, agent des affaires du travail de Travail Canada.

Aux fins de récupération et de manutention du mercure, il importe de suivre les directives suivantes :

1. Porter l'équipement de protection approprié afin d'éviter toute possibilité de contact avec la peau.
2. S'il y a contamination de la peau, se laver immédiatement.
3. Changer de vêtements après le travail s'il est raisonnable de penser qu'ils sont contaminés.
4. Enlever immédiatement les vêtements qui ne sont pas imperméables et qui sont contaminés.
5. Un respirateur à adduction d'air pur ou un appareil respirateur indépendant devrait assurer une protection adéquate jusqu'à une concentration de 1 mg/m^3 .
6. On recommande aussi l'analyse de l'urine des employés afin de déceler la présence de mercure.

Pour cette étude supplémentaire, on s'est servi de tubes détecteurs et d'une pompe de détection des gaz de précision Gastec.

Recommandations relatives à cette étude

1. Il conviendrait de remplacer le mercure par un substitut.
2. Les manomètres devraient entre-temps être munis de trop-pleins.
3. Il faudrait prévoir des nécessaires de nettoyage adéquats.
4. Une surveillance appropriée des méthodes de travail devrait être instaurée et appliquée.
5. Des vêtements et des équipements de protection homologués devraient être disponibles et utilisés quand la situation l'exige.

Résumé

- Faire preuve de prudence quand on travaille avec du mercure. Prévenir les renversements et les éclaboussures. Réfléchir avant de tourner un robinet.
- Garder le visage à l'écart du mercure lorsqu'on en verse une quantité ou qu'on manipule l'interrupteur à flotteur.
- Installer des trop-pleins sur tous les manomètres si ce n'est pas déjà fait.
- Récupérer tout le mercure renversé.
- Si du mercure est projeté sur soi, porter un soin particulier à son hygiène personnelle.



RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

Cours n° 7 — Instruments et procédures de nivellement

E. Mayert
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
3923, avenue Victoria
Nanaimo (Colombie-Britannique)
Canada V9T 2A1

D.G. Goller
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
184, rue Industrial sud
Prince Albert (Saskatchewan)
Canada S6V 7L8

Droits d'auteur © 1999. Tous droits réservés.

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	OBJET ET CONTEXTE	1
2.0	OBJECTIFS	2
3.0	MATÉRIEL DE NIVELLEMENT	3
3.1	TYPES D'INSTRUMENTS	3
3.1.1.	Niveau Wild N2.....	3
3.1.1.1	Modèle à image renversée.....	3
3.1.1.2	Modèle à image directe	4
3.1.2	Niveaux automatiques Wild	5
3.1.3	Niveau à main	6
3.1.4	Clinomètre	7
3.2	TRÉPIEDS	7
3.3	MIRES DE NIVELLEMENT	7
3.4	LES NIVELLES DE MIRE.....	8
3.5	LES SUPPORTS DE MIRE	8
3.6	CISEAU DE REPÈRE DE NIVELLEMENT.....	9
4.0	SOINS ET ENTRETIEN.....	10
4.1	INSTRUMENT.....	10
4.2	TRÉPIED	10
4.3	SOINS DE LA MIRE DE NIVELLEMENT	11
5.0	RÉGLAGES DU NIVEAU	12
5.1	ESSAI À DEUX PIQUETS.....	12
5.2	NIVEAU WILD N2	14
5.2.1	Modèle à image renversée.....	14
5.2.2	Modèle à image directe	16
5.3	NIVEAUX AUTOMATIQUES WILD	17
6.0	PROCÉDURES DE NIVELLEMENT.....	18
6.1	INSTALLATION DE L'INSTRUMENT	18
6.2	POSITIONNEMENT ET LECTURE DE LA MIRE	18
6.3	RELEVÉS DE NIVEAU.....	19
6.4	VÉRIFICATION DES JAUGES	20
6.5	NIVELLEMENT EN LIGNE OU DIFFÉRENTIEL	22
6.5	NIVELLEMENT EN LIGNE OU DIFFÉRENTIEL	23
6.6	NIVELLEMENT RÉCIPROQUE.....	23
6.7	RÉGLAGE DE LA HAUTEUR	24
6.8	NIVELLEMENT À TROIS FILS (JAUGES DE MARÉE)	25
7.0	ERREURS DE NIVELLEMENT	26
8.0	PRÉCISION DU NIVELLEMENT	28

9.0	CONSEILS UTILES POUR LA LECTURE DES LIMNIMÈTRES	29
10.0	DOCUMENTATION	31
10.1	ÉTUDE DE LA JAUGE	31
10.2	DESCRIPTION DE LA STATION.....	31
10.3	ÉTUDE DES REPÈRES DE NIVELLEMENT	31
11.0	EXERCICES SUR LE TERRAIN	35
11.1	VÉRIFICATION ET RÉGLAGE DES INSTRUMENTS.....	35
12.0	SOMMAIRE.....	36
13.0	BIBLIOGRAPHIE	37

1.0 OBJET ET CONTEXTE

L'objet de ce cours est de permettre aux techniciens d'acquérir les connaissances nécessaires pour effectuer des vérifications de niveau en suivant des procédures acceptables. Il contient également des renseignements sur les caractéristiques opérationnelles des instruments de nivellement, sur l'entretien et le réglage de ceux-ci. En outre, les différents types de documentation nécessaire aux procédures de nivellement sont étudiés. Cette documentation concerne les relevés, les rectifications de la jauge, l'étude de la jauge, la vérification des rapports sur le terrain et la stabilité des repères de nivellement.

Le nivellement constitue le processus de détermination des différences de hauteur entre deux points ou plus. La précision du nivellement dépend de la qualité et de la précision de l'instrument, ainsi que de la compétence du technicien et des soins dont il fait preuve.

Le niveau Wild N2 est le plus communément utilisé par la *Division des relevés hydrologiques du Canada*. Il permet d'obtenir le degré de précision nécessaire lorsqu'il est convenablement réglé. Les manuels d'instructions de différents types d'instruments sont disponibles aux bureaux régionaux. Le technicien doit consulter ces manuels relativement aux réglages adéquats requis.

Les jauges permettent d'obtenir des données fiables et précises sur la hauteur de l'eau de rivières, ruisseaux ou lacs, pour tous les niveaux et dans toutes les conditions. L'instabilité d'une jauge, l'absence de niveau de référence permanent de jauge ou l'instabilité des repères de nivellement sont des facteurs qui contribuent à rendre les données peu fiables ou inexactes. Certains de ces problèmes peuvent être surmontés en situant adéquatement les jauges et les repères de nivellement. Toutefois, un programme de vérification périodique des niveaux doit être mis en oeuvre à chaque station de jaugeage afin de s'assurer que les installations de jaugeage et les repères de nivellement demeurent fiables (voir cours n° 2, « Sélection du site », et n° 3, « Repères de nivellement... »).

2.0 OBJECTIFS

Les objectifs de ce cours sont comme suit :

1. Décrire les types d'instruments de nivellement utilisés par la *Division des relevés hydrologiques du Canada*, y compris le niveau Wild N2 et les niveaux à main.
2. Décrire les procédés de nivellement en fonction
 - de la précision du nivellement
 - des relevés de niveau
 - des corrélations des jauges
 - de l'histoire de la jauge
 - de la vérification des hauteurs des repères de nivellement
 - des rapports sur le terrain.
3. Donner des renseignements sur l'utilisation et l'entretien des instruments de nivellement d'après les conditions sur le terrain.
4. Permettre au technicien de vérifier, ajuster, identifier le problème et effectuer des réparations mineures aux instruments de nivellement pour s'assurer qu'ils fonctionnent correctement.
5. Expliquer les commentaires et les hauteurs selon les procédés habituels et permettre aux techniciens d'enregistrer des relevés de niveau précis et complets.

Les instruments de relevés qui suivent ne sont pas étudiés dans ce cours : lunette à axe de révolution horizontal, telluromètre, sextant, compas et sondeur acoustique.

3.0 MATÉRIEL DE NIVELLEMENT

3.1 TYPES D'INSTRUMENTS

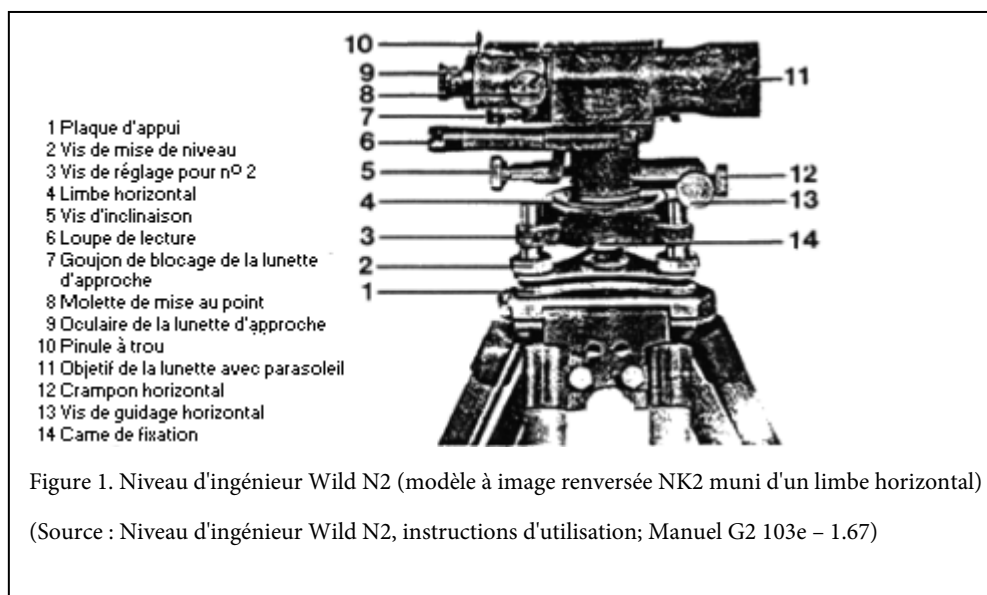
Tous les instruments servant au nivellement direct possèdent une lunette de ligne de visée et une nivelle tubulaire. La nivelle tubulaire est installée de façon à ce que son axe soit parallèle à la ligne de visée. Les deux instruments principaux décrits dans ce document sont : le niveau inclinable et le niveau automatique.

- Le niveau inclinable possède une lunette munie d'une nivelle tubulaire, installée sur un axe horizontal (inclinable) de façon à pouvoir être inclinée vers le haut ou vers le bas de quelques degrés à l'aide d'une vis micrométrique appuyée sur un ressort. Une nivelle sphérique est fixée sur la base.
- Le niveau automatique est muni d'une lunette et d'un élément compensateur optique-mécanique. L'élément compensateur consiste principalement en un pendule à amortissement pneumatique supportant les prismes. Une nivelle sphérique est fixée à la base. Une fois la mise de niveau effectuée, le compensateur prend la relève, et aucune mise de niveau supplémentaire de l'instrument n'est requise (à condition que la nivelle sphérique soit bien ajustée). Le fonctionnement de ce niveau est relativement simple.

L'instrument le plus utilisé par la *Division des relevés hydrologiques du Canada* est le niveau d'ingénieur Wild N2. Les deux modèles distincts Wild N2 sont : le niveau à image renversée et le niveau à image directe. D'autres variantes de cet instrument peuvent être utilisées par différents bureaux, mais leurs caractéristiques particulières ne feront pas l'objet d'une étude dans le présent document.

3.1.1. Niveau Wild N2

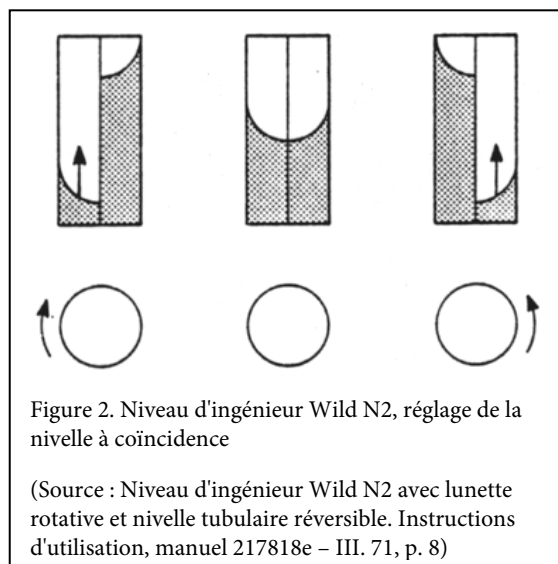
3.1.1.1 Modèle à image renversée



L'instrument est logé dans un boîtier métallique à l'aide des écrous moletés ou des boulons d'assemblage glissant sur les trois cames de fixation (14).

La plaque d'appui en forme d'étoile (1) possède un filetage standard de 5/8 po, permettant au niveau N2 d'être monté sur tous les modèles à trépieds Wild. Les trois vis de mise de niveau (2) et la nivelle sphérique (15) servent à la mise de niveau préliminaire de l'instrument. La partie supérieure rotative de l'instrument se compose principalement de la lunette (11) et de la nivelle tubulaire (17). La lunette peut être immobilisée dans toute direction désirée en serrant le crampon horizontal (12). La vis de guidage horizontal (13) sert, lorsque le crampon (12) est serré, à effectuer le réglage à la fin de l'orientation dans la direction désirée.

L'oculaire rotatif (9) de la lunette possède une échelle dioptrique (réglage du parallaxe). Ce dispositif permet à l'observateur d'effectuer un réglage immédiat correspondant à sa propre acuité visuelle afin de mettre au point le réticule. La molette de mise au point (8) sert à effectuer la mise au point de la lunette, de façon à obtenir une image nette de la mire de nivellement. Les extrémités des bulles de la nivelle tubulaire sont visibles dans l'oculaire. La luminosité de l'image de la nivelle est réglée à l'aide du réflecteur rotatif. Un côté du réflecteur est enduit d'émail blanc, l'autre côté est un miroir de verre. Le choix de la surface de réflexion et la rotation angulaire adéquate permettent une observation confortable et sans parallaxe des extrémités des bulles.



La vis d'inclinaison (5) permet d'effectuer le réglage de coïncidence des extrémités des bulles observées dans l'oculaire.

Si les extrémités des bulles sont complètement à l'extérieur du champ visuel, une flèche est affichée, indiquant le sens dans lequel la vis d'inclinaison doit être tournée afin d'obtenir la coïncidence des bulles (voir la figure 2). L'image observée dans ce type de lunette est renversée.

3.1.1.2 Modèle à image directe

À part quelques exceptions, ce modèle est fondamentalement identique au modèle décrit précédemment. La différence principale est que l'image observée dans la lunette est directe. Le fonctionnement de l'instrument est identique à celui du modèle à image renversée.

L'instrument se compose d'un socle circulaire (1) possédant le même filetage standard, lui permettant d'être installé sur les modèles de trépieds Wild. La rotation de l'instrument est freinée par friction. Le réglage fin de l'orientation est réalisé à l'aide de la molette du mécanisme horizontal sans fin (11) à chaque extrémité. L'instrument se range dans un boîtier en plastique.

La lunette d'approche des niveaux N2 est fixée à l'aide de paliers angulaires. La lunette, conjointement avec la nivelle tubulaire, est rotative sur son axe longitudinal. Des observations peuvent être effectuées dans les deux positions de la lunette. Lorsque l'instrument est bien ajusté, les lectures obtenues dans les deux positions sont identiques, mais elles diffèrent lorsque l'instrument n'est pas réglé de façon adéquate. La moyenne des deux lectures correspond à la visée horizontale exacte. Normalement, l'instrument est utilisé uniquement avec la nivelle tubulaire à gauche. C'est dans cette position que la lunette est verrouillée.

Dans le modèle à image renversée, la lunette peut être retournée en appuyant sur le goujon de blocage (7) situé sous

l'oculaire de la lunette (voir la figure 1).

Dans le modèle à image directe, la lunette peut être retournée en appuyant sur le levier désengageur (5) (voir la figure 3).

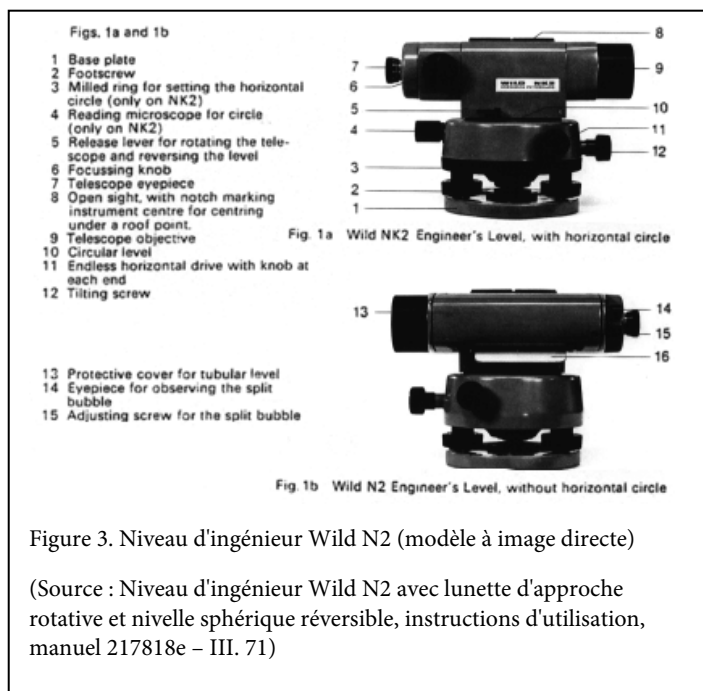
Cette méthode sert principalement à la vérification de la collimation (ligne de visée horizontale).

NOTA — Lorsque la lunette est retournée, les extrémités des bulles sont observées à travers le liquide, produisant une image de la nivelle légèrement embuée.

3.1.2 Niveaux automatiques Wild

Différents modèles des niveaux automatiques Wild sont disponibles. Ceux-ci comprennent les modèles NA0, NA1, NA2, NA20, NA24, NA28 et NAK0. Seuls les principes généraux de fonctionnement sont décrits ci-après.

La plaque d'appui circulaire possède un filetage standard lui permettant de s'adapter à tout trépied à socle plat dont le filetage de 5/8 po.



La partie supérieure rotative de l'instrument se compose principalement de la lunette et d'un compensateur optique-mécanique. L'élément compensateur est essentiellement un pendule appuyé sur quatre bandes flexibles de suspension et supportant un prisme. Si la nivelle sphérique a été réglée en tournant les trois vis de mise de niveau (2), la ligne de visée est automatiquement horizontale.

Le niveau est muni d'un poussoir (5) permettant d'actionner un mécanisme de vérification du fonctionnement du compensateur. Lorsque ce poussoir est enfoncé, le pendule reçoit un léger coup le mettant en mouvement. L'oscillation du pendule produit l'impression que l'image de la mire s'éloigne de l'horizontal, avant de retourner lentement à sa position originale. Ce poussoir permet également de vérifier la mise de niveau de l'instrument. Si la bulle de la nivelle sphérique est très éloignée de sa position centrale, le mouvement de l'image de la mire semble rapide et saccadé en raison de l'arrivée du pendule à sa position d'arrêt.

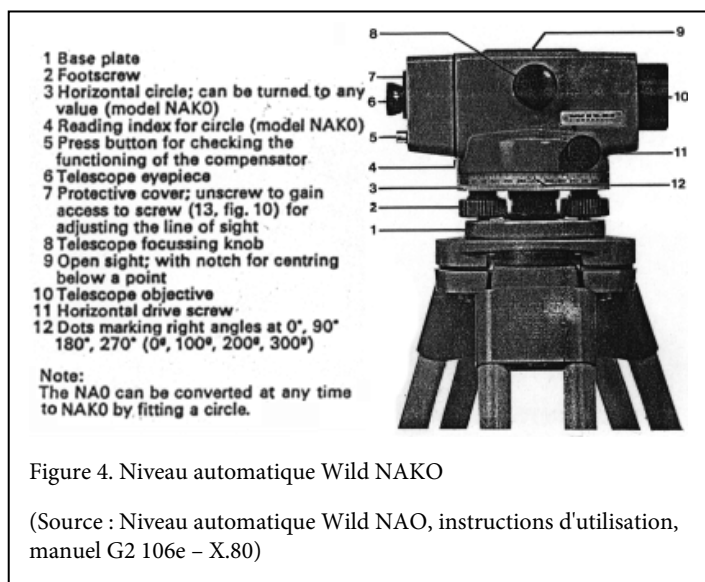


Figure 4. Niveau automatique Wild NAKO

(Source : Niveau automatique Wild NAO, instructions d'utilisation, manuel G2 106e – X.80)

La rotation de l'instrument est freinée par friction. Le réglage fin de l'orientation est effectué à l'aide de la vis de guidage horizontal (11). L'encoche située sur le dessus de la lunette (9) constitue une visée ouverte pour orienter la lunette.

3.1.3 Niveau à main

Le niveau à main (figure 5) ne possède pas de lunette. Il se compose simplement d'un tube métallique muni de couvercles en verre ordinaire aux extrémités et d'une nivelle sur le dessus. En regardant dans le tube, on aperçoit la nivelle et le fil croisé (réfléchi par un prisme) sur la partie gauche, et le paysage sur la partie droite du champ visuel (figure 6). Le fil croisé, définissant la ligne de niveau, peut être réglé à l'aide des deux vis opposées. L'instrument doit être tenu au niveau de l'oeil, et sa partie éloignée doit être élevée ou abaissée jusqu'à ce que la bulle se trouve au centre du tube. Lorsque la bulle est centrée, la ligne de visée est horizontale.

Le niveau à main peut être utilisé pour les levés de reconnaissance dans les cas où une précision élevée n'est pas nécessaire. Exemple :

- évaluation de la déflexion de câbles aériens,
- profil terrestre pour la localisation de cadres triangulaires et
- détermination de la hauteur d'un cadre triangulaire.

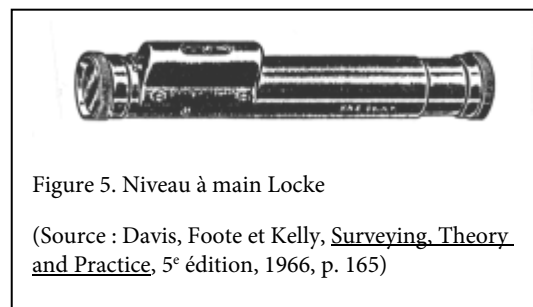


Figure 5. Niveau à main Locke

(Source : Davis, Foote et Kelly, Surveying. Theory and Practice, 5^e édition, 1966, p. 165)

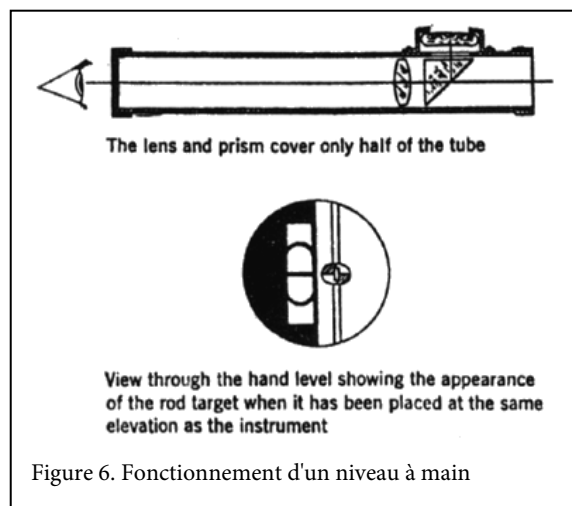


Figure 6. Fonctionnement d'un niveau à main

NOTA — Le niveau à main est un instrument dont la précision est médiocre ne devant pas être utilisé pour les circuits de nivellement ou pour déterminer la hauteur de l'eau.

3.1.4 Clinomètre

Le clinomètre, ou niveau Abney (figure 7), fonctionne de la même façon que le niveau à main. Il peut être utilisé pour la mesure d'angles verticaux (par exemple, le réglage de l'angle de site d'une antenne de plate-forme de collecte de données).

3.2 TRÉPIEDS

Le trépied (figure 8) est fabriqué en métal, en fibre de verre ou en bois séché à l'air. L'instrument doit être compatible avec le trépied. Par exemple, le niveau Wild N2 ne s'installe pas convenablement sur un trépied à tête bombée. Il nécessite un trépied à tête plate avec un filetage de 5/8 po. Il est généralement recommandé d'utiliser un trépied à pieds télescopiques. La plupart des trépieds comportent un sac contenant une sonde et une clé de serrage pour les vis du trépied.

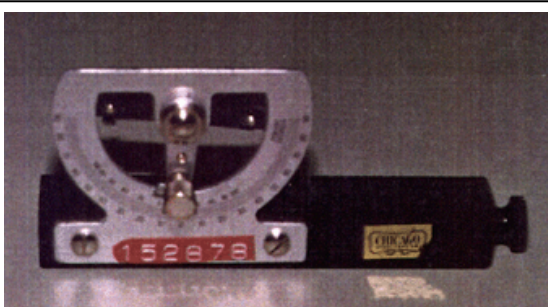


Figure 7. Niveau à main Abney ou clinomètre



Figure 8. Trépied avec et sans (encart) l'instrument de nivellement installé

(Source : Levelling, Wild Heerbrugg Ltée., Heerbrugg, Suisse, G1 902e – 11.69, p. 15)

3.3 MIRES DE NIVELLEMENT

Plusieurs types de mires de nivellement sont disponibles : en une pièce, télescopique, à charnière et à sections. Les mires de nivellement peuvent être fabriquées en bois, en métal ou en fibre de verre, avec manchons et bases métalliques. Les mires utilisées par la *Division des relevés hydrologiques du Canada* sont toutes du type à lecture automatique.

La mire en bois pliable Hultifors (figure 9) est couramment utilisée dans plusieurs régions en raison de ses dimensions et de sa durabilité.

Les mires à sections coulissantes, telle la mire Philadelphie (figure 10) doivent faire l'objet d'une vérification avant de débiter le nivellement, afin de s'assurer que toutes les sections s'emboîtent convenablement.

La mire en fibre de verre à sections, ou mire Chicago (figure 11) convient à l'utilisation d'été, mais à des températures très basses, un rétrécissement important de la surface se produit. Certains modèles de ce type de mire sont munis d'un dispositif de verrouillage permettant d'attacher les sections l'une à l'autre. Ce type de mire peut être difficile à démonter lorsque le bois s'enfle ou lorsque le manchon métallique est plié.

Les méthodes de séparation des mires à sections sont les suivantes :

1. Deux techniciens saisissent les extrémités de la mire et les tirent.
2. Un technicien place ses bras à l'extérieur de ses genoux et se sert de ses genoux pour augmenter la force de levier.
3. Un technicien place une main sur chaque section, pousse avec une main et tire avec l'autre.

La mire télescopique convient au nivellement par hélicoptère, lorsque des talus abrupts sont traversés et que les conditions de vent sont défavorables (diminution de la résistance sur la partie supérieure de la mire).

3.4 LES NIVELLES DE MIRE

La nivelle de mire (figure 12) est une nivelle sphérique installée sur une équerre de fixation. Elle est fixée à la mire et alignée en position verticale à l'aide d'un mécanisme d'aplomb intégré.

3.5 LES SUPPORTS DE MIRE

Une grande partie du nivellement effectué en été est réalisé par un seul technicien. Le rôle des supports de mire est de supporter la mire de nivellement en position verticale dans les cas où un aide-arpenteur n'est pas disponible. Il existe plusieurs types de supports de mire en utilisation, tels que la pelle à poignée fermée et le support de mire bipède. Par temps venteux, une attention particulière doit être portée à l'ancrage des pieds du support de la mire et de la base de la mire. Le support de mire bipède (figure 13) possède des pieds étirables et une tête pouvant pivoter et être allongée dans toute direction.

Le support de mire à trois pieds (figure 14) est légèrement plus encombrant, mais constitue néanmoins un support efficace de la mire.



Figure 9. Mire de nivellement Hultifors



Figure 10. Mire de nivellement Philadelphie

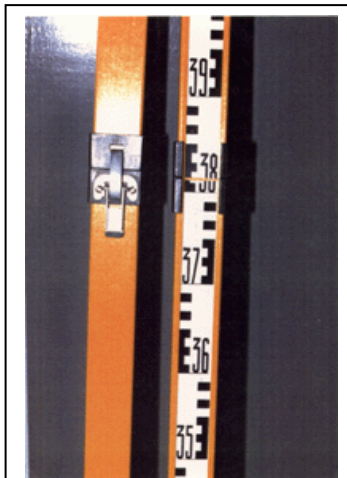


Figure 11. Mire de nivellement

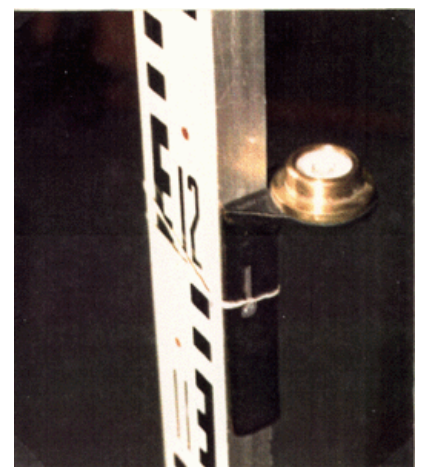


Figure 12. Nivelle de mire



Figure 13. Support de mire à deux pieds



Figure 14. Support de mire à trois pieds

NOTA — Il est important de s'assurer que la mire demeure sur l'axe du repère de nivellement.

3.6 CISEAU DE REPÈRE DE NIVELLEMENT

L'extrémité tranchante du ciseau doit être placée dans la rainure horizontale d'un repère de nivellement vertical. L'autre extrémité doit être élevée ou abaissée jusqu'à ce que la nivelle soit centrée. La mire de nivellement doit ensuite être maintenue en position verticale sur le côté supérieur du ciseau, en maintenant la nivelle centrée durant la lecture de la mire (figure 15).

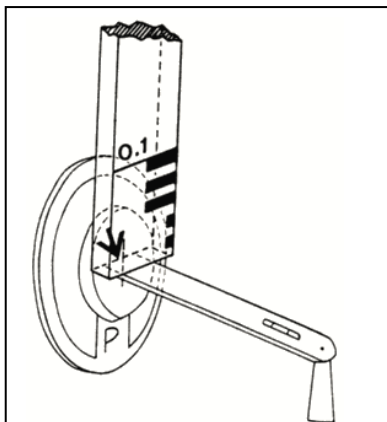


Figure 15. Ciseau de repère de nivellement

NOTA — Certains types de ciseaux de repère de nivellement possèdent une poignée sur leur côté supérieur, mais leur fonctionnement est identique.

À la figure 15, le repère de nivellement est utilisé avec un ciseau. La flèche, ciselée dans la couronne, indique l'emplacement de la longue rainure horizontale accommodant le ciseau de repère de nivellement. Cette flèche est essentielle à l'identification du point auquel la hauteur se rapporte.

4.0 SOINS ET ENTRETIEN

4.1 INSTRUMENT

Les instruments de nivellement sont délicats et précis, et doivent par conséquent être manipulés avec soin. Dans un immeuble ou en campagne, l'instrument doit être transporté sous le bras (et non sur l'épaule) afin de ne pas le frapper contre un objet. Les vis de l'instrument doivent être légèrement serrées durant le transport pour permettre aux composants de tourner librement en cas de choc avec un obstacle. Si les vis sont desserrées, l'instrument bascule continuellement et est difficile à transporter. L'instrument doit toujours être transporté dans son boîtier et en position droite.

Si un instrument est mouillé, il doit être essuyé dès que possible avec un linge doux et séché après avoir enlevé le couvercle. La couleur du petit sac de gel de silice fourni avec l'instrument doit être vérifiée avant de remettre en place le couvercle. Les grains sont de couleur bleue lorsqu'ils sont secs et roses lorsqu'ils sont saturés. Ils peuvent être renouvelés en les transvasant dans une casserole et en les chauffant à une température légèrement supérieure au point d'ébullition de l'eau (la température peut être vérifiée en ajoutant quelques gouttes d'eau dans la casserole) jusqu'à ce qu'ils retrouvent leur couleur bleue. Si les grains sont surchauffés, ils peuvent éclater.

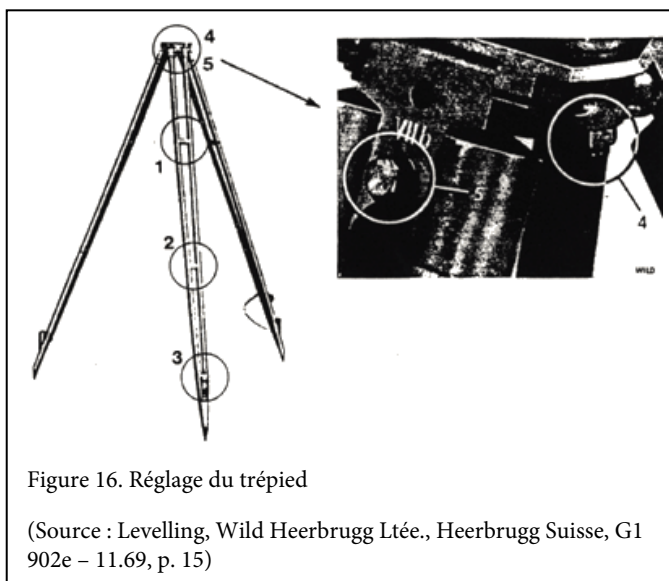
L'instrument ne doit jamais être laissé sur un trépied sans être solidement fixé. Les pieds du trépied doivent être bien écartés et solidement enfoncés dans le sol. L'instrument peut être fixé sur le trépied ou retiré de celui-ci en tenant d'une main et en serrant ou en desserrant la vis de fixation avec l'autre main.

Si les lentilles sont poussiéreuses, elles doivent être nettoyées avec un linge doux en soie ou avec une brosse à poil de chameau. Le frottement a pour effet de ternir les lentilles.

Les vis mobiles de manoeuvre d'un niveau doivent être tournées à l'aide du pouce et de l'index. Toutefois, ces vis doivent être réglées avec soin, car il est facile de les serrer excessivement et d'endommager leur filetage. Elles doivent être serrées juste assez pour maintenir l'instrument en position. Le serrage adéquat des vis peut être obtenu en utilisant uniquement l'index. Si les vis ne tournent pas facilement, il est nécessaire de nettoyer les pièces et de les lubrifier avec une goutte d'huile d'horlogerie, puis d'essuyer tout surplus. Un lubrifiant spécial pour temps froid peut être obtenu en s'adressant au fabricant de l'instrument. Si le problème persiste, il est probable que les pièces ont été déformées et doivent être remplacées.

4.2 TRÉPIED

Même un instrument parfaitement réglé ne peut fournir de bons résultats s'il est installé sur un trépied instable. Par conséquent, les vis, les écrous et les boulons du trépied (articles 1 à 5 de la figure 16) doivent être suffisamment serrés pour que les pieds soient bien fixés et solidement attachés à la tête et aux sabots du trépied. L'écrou (5) ne doit pas être trop serré. La tension d'écart des pieds est modifiée à l'aide des écrous (4) situés sous la tête du trépied. Après un réglage adéquat, les pieds du trépied doivent demeurer en position ouverte lorsque le trépied est soulevé par sa tête. En même temps, les pieds doivent demeurer flexibles.



4.3 SOINS DE LA MIRE DE NIVELLEMENT

La mire de nivellement doit être transportée dans un sac en toile, dans une boîte ou dans un tube fermé en plastique ABS afin de ne pas abîmer sa surface et son axe et de ne pas endommager les gaines des mires à sections. La partie inférieure de la mire, étant souvent immergée, doit être vernie régulièrement afin de la protéger.

S'assurer de ne pas frapper la plaque métallique de la partie inférieure de la mire, celle-ci pouvant être endommagée par des chocs rudes ou répétés. S'assurer qu'il n'y a pas de glace ou de boue sur la partie inférieure de la mire, et la nettoyer au besoin. Si la mire est mouillée, elle doit être essuyée et séchée après le travail sur le terrain.

Éviter le contact d'insecticides avec la surface de la mire. Ces produits peuvent détruire la couche de protection de surface et endommager les graduations.

La précision des mires de nivellement doit être vérifiée sur réception. La vérification peut être effectuée à l'aide d'un ruban d'acier et doit être répétée régulièrement. Les mires en bois non traité doivent être exposées le moins possible à l'eau, car le bois peut s'enfler et la surface peinte peut se craqueler et s'écailler, limitant la durée de vie de la mire.

5.0 RÉGLAGES DU NIVEAU

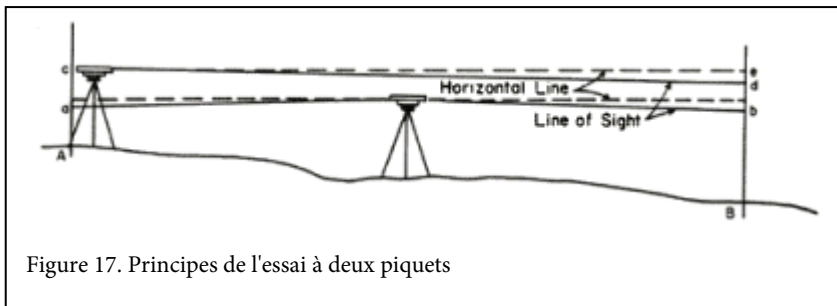
Quelle que soit leur précision de fabrication, les instruments de nivellement doivent faire l'objet de fréquentes vérifications de précision, mais doivent rarement être ajustés. Il est fortement recommandé d'effectuer un essai de nivellement lorsqu'un niveau est attribué à un technicien. Cet essai doit être suivi d'essais supplémentaires avant la série de vérification des niveaux du printemps et après toute utilisation rude accidentelle.

Le technicien doit s'assurer que, si un réglage est requis, celui-ci soit motivé par la condition de l'instrument et non la négligence durant la procédure d'essai.

- La procédure ci-dessous est recommandée pour l'essai d'un instrument :
- Choisir une journée nuageuse.
- S'assurer que l'instrument est solidement attaché au trépied.
- Installer le trépied sur le sol ferme.
- Bien écarter les pieds du trépied et les placer de façon à ce que la plaque du trépied soit à peu près de niveau.
- Diminuer la friction résiduelle dans les charnières du trépied en desserrant, puis en resserrant les vis des charnières.
- Allonger le parasoleil et mettre au point soigneusement l'oculaire (afin d'éviter les erreurs de parallaxe).
- Effectuer tous les essais dans l'ordre stipulé dans les manuels d'instructions pour chaque instrument.
- **NE PAS AJUSTER** l'instrument à moins que l'essai révèle la même valeur d'erreur au moins trois fois.

5.1 ESSAI À DEUX PIQUETS

L'essai à deux piquets sert à s'assurer que la ligne de visée de la lunette est parallèle à l'axe de la nivelle tubulaire.



Les réglages de l'instrument doivent être effectués lorsque celui-ci est encore installé à la station A. L'essai suivant décrit les méthodes de réglage de chaque type d'instrument utilisé par la Direction des ressources en eau.

Procédure d'exécution de l'essai à deux piquets

- Installer et mettre de niveau l'instrument dans un endroit pratique où le sol est relativement plane sur 30 m de chaque côté de l'instrument.
- Enfoncer deux piquets, A et B, dans le sol à exactement 30 m de l'instrument, en sens opposés (par exemple, nord et sud).

- Effectuer une lecture de mire (a) sur la mire maintenue sur le piquet A.
- Effectuer une lecture de mire (b) sur la mire maintenue sur le piquet B.
 - (La différence exacte de hauteur entre les deux points est égale à la différence entre les lectures (a - b)).
- Ensuite, déplacer le niveau jusqu'au piquet A.
- Installer et mettre de niveau l'instrument de façon à ce que l'oculaire pivote à moins de 0,012 m de la mire maintenue sur le piquet A.
- En regardant dans la lentille de l'objectif (en regardant vers l'arrière dans la lunette), noter la lecture de mire (c) au point A. Utiliser un crayon pour repérer la lecture exacte de la mire, les fils croisés n'étant pas visibles.
- Effectuer maintenant une lecture sur le piquet B afin d'obtenir la lecture (d).
 - (La différence entre ces lectures devrait être égale à la différence exacte déterminée plus haut).
- Si ces « différences de hauteur » sont égales, l'instrument est correctement ajusté
 - $(a - b = c - d)$.
- Si la dernière lecture (d) ne remplit pas cette condition
 - $(c - a + b = e)$, l'instrument est désajusté.
- L'instrument doit être ajusté jusqu'à ce que le fil croisé horizontal indique la lecture exacte de (d), c'est-à-dire
 - $(e = d)$.

NOTA — Le réglage varie selon le type d'instrument utilisé, et le technicien doit consulter le manuel d'instructions se rapportant à l'instrument à ajuster afin d'utiliser la procédure appropriée.

Nivelle sphérique

Installer solidement le trépied muni de l'instrument sur le sol ferme. À l'aide des trois vis de mise de niveau, centrer la nivelle sphérique avec précision dans le cercle de repère noir. Une image sans parallaxe de la nivelle et du cercle doit être visible dans le miroir rotatif. Tourner la lunette d'approche de 180°. Si la nivelle change de position de plus de 1 mm, elle doit être ajustée. Pour ce faire, le couvercle de verre de la nivelle ne doit pas être touché avec les doigts. La moitié du déplacement de la nivelle doit être corrigé à l'aide des vis de mise de niveau, et l'autre moitié avec les vis de réglage (23), en utilisant la cheville de réglage.

5.2 NIVEAU WILD N2

5.2.1 Modèle à image renversée

Toutes les vis de réglage (du type à cabestan) doivent être serrées sans trop de force, car une tension ou un jeu excessif peut les empêcher de maintenir la condition désirée de réglage de l'instrument.

Vis de mise de niveau

Les vis de mise de niveau doivent fonctionner de façon régulière et posséder une course adéquate. Ce fonctionnement peut uniquement être vérifié lorsque l'instrument n'est pas fixé au trépied (voir la [figure 1](#)). À l'aide de la cheville de réglage, les vis de réglage (3) situées à proximité de chaque vis de mise de niveau peuvent être tournées jusqu'à ce que la course requise des vis de mise de niveau soit obtenue. La course de la vis d'inclinaison (5) peut être modifiée à l'aide de l'écrou réglable (20). Un écrou réglable similaire servant à varier la course horizontale est situé immédiatement à l'arrière de la vis moletée de guidage (13).

Lorsqu'une vis de réglage est desserrée, la nivelle se déplace vers le centre du cercle. Lorsqu'elle est serrée, la nivelle s'en éloigne. La première vis de réglage à tourner est la plus rapprochée de la ligne reliant le milieu de la nivelle et le centre du cercle de repère noir. Elle doit être uniquement tournée jusqu'à ce que la nivelle atteigne le centre du cercle, ou jusqu'à ce que la nivelle puisse être centrée en réglant l'une des deux autres vis. Une fois la nivelle correctement centrée à l'intérieur du cercle à l'aide des vis de réglage, celles-ci ne doivent pas être tournées davantage.

La nivelle sphérique est correctement réglée lorsqu'elle demeure dans le centre du cercle, quelle que soit l'orientation de la lunette d'approche (à vérifier). Un réglage précis de la nivelle sphérique peut accélérer considérablement l'utilisation de l'instrument, car un bon essai préliminaire permet d'obtenir beaucoup plus rapidement le synchronisme de la nivelle à coïncidence à l'aide de la vis d'inclinaison.

Erreur d'inclinaison (vérification de l'horizontalité de la ligne de visée)

L'erreur d'inclinaison est définie comme l'angle vertical entre la ligne de visée de la lunette d'approche et le plan horizontal, lorsque les extrémités de la nivelle tubulaire coïncident exactement. Cette erreur peut être vérifiée en appuyant sur le goujon de blocage ([figure 1](#), article 7) situé sous l'oculaire de lunette, et en tournant la lunette sur son axe longitudinal jusqu'à ce qu'elle ait atteint la deuxième position (nivelle à droite). La nivelle doit ensuite être centrée avec précision (réglage du synchronisme de la nivelle à coïncidence), puis une lecture doit être effectuée sur une mire située à environ 30 m. La lunette doit ensuite être retournée jusqu'à sa première position (nivelle gauche), puis les extrémités de la nivelle doivent de nouveau faire l'objet d'un réglage de synchronisme, et une nouvelle lecture de mire doit être réalisée. La moyenne des lectures correspond à la ligne de visée horizontale.

Si les deux lectures diffèrent de plus de 2 mm pour une distance de 30 m, l'erreur d'inclinaison doit être corrigée à l'aide des vis de réglage situées du côté de l'objectif sur le logement de la nivelle ([figure 18](#), article 22). À l'aide de la vis d'inclinaison ([figure 1](#), article 5), le fil croisé horizontal doit être réglé selon la moyenne des deux lectures de mire. Un réglage de synchronisme des extrémités de la nivelle doit

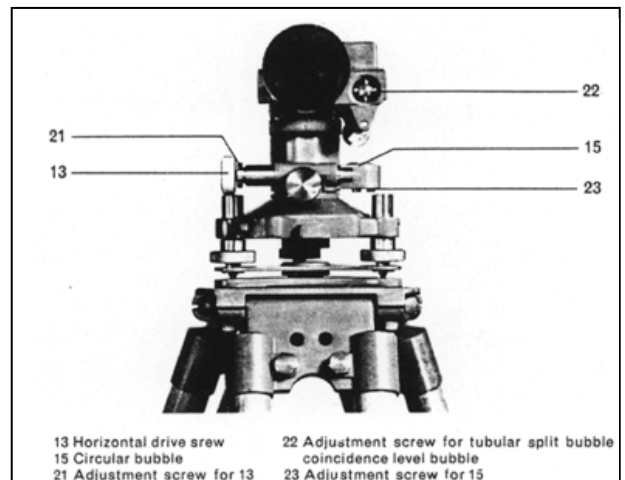


Figure 18. Niveau Wild N2 (à image renversée) – vue de face

(Source : Niveau d'ingénieur Wild N2, instructions d'utilisation, manuel G2 103e – I.67, p. 18)

ensuite être exécuté de nouveau en tournant les vis de réglage vertical.

Afin d'effectuer un réglage adéquat de la lunette d'approche, certaines étapes doivent être exécutées. Premièrement, la vis horizontale extérieure doit être légèrement desserrée de façon à ce que les extrémités de la nivelle puissent suivre les mouvements de réglage des vis verticales. Si l'image de l'extrémité gauche de la nivelle est trop basse, la vis de réglage inférieure doit être légèrement desserrée et la vis supérieure doit être serrée de façon identique. Lorsque les vis sont observées à partir de l'extrémité de la lunette où est situé l'objectif, les deux vis doivent être tournées vers la gauche. Cette procédure doit être répétée dans la même séquence jusqu'à ce que le synchronisme des extrémités des bulles soit rétabli. Ensuite, la vis horizontale extérieure précédemment desserrée doit être resserrée. Les vis doivent être serrées avec soin et modérément. Sinon, elles ne pourront pas maintenir la condition de réglage. Enfin, les mesures doivent être répétées avec l'instrument en positions « nivelle à droite » et « nivelle à gauche ».

Essai de la nivelle tubulaire

Les prismes de synchronisme de la nivelle tubulaire réversible sont ajustés en usine afin que les tangentes avec la surface supérieure et la surface inférieure de la nivelle soient parallèles. Si le réglage du prisme est perturbé suite à un choc rude ou une chute, il se peut qu'il ne puisse plus compenser les erreurs d'inclinaison par la mesure dans les deux positions de la lunette. Par conséquent, le niveau doit être vérifié à chaque printemps ou après tout choc rude à l'aide de l'essai à deux piquets. S'il est confirmé que le prisme est désajusté, le réglage doit être corrigé par un réparateur d'instruments.

Erreur transversale

Une erreur transversale d'un instrument est définie comme la différence entre la direction de la nivelle tubulaire et la direction de la ligne de visée de la lunette d'approche (c'est-à-dire la déviation par rapport au plan parallèle).

L'erreur transversale doit être vérifiée de la façon suivante :

- Pointer la lunette sur une mire en la plaçant au-dessus d'une vis de mise de niveau et à angle droit avec la ligne reliant les deux autres vis de mise de niveau.
- Centrer la nivelle sphérique à l'aide des trois vis de mise de niveau.
- Synchroniser les extrémités de la nivelle tubulaire à l'aide de la vis d'inclinaison.
- Effectuer la lecture de la mire.
- Tourner d'un demi tour la vis de mise de niveau située à gauche de l'oculaire.
- Tourner la vis de mise de niveau de droite jusqu'à ce que la lecture de mire précédente soit obtenue.

Si les extrémités de la nivelle ne sont plus synchronisés, ajuster la vis de réglage horizontal située dans le logement de la nivelle tubulaire, du côté de l'objectif (figure 18, article 22). Pour ce faire, utiliser la procédure suivante :

- Desserrer légèrement l'une des vis de réglage.
- Serrer l'autre vis de la façon identique (les deux vis doivent être tournées dans le même sens).
- Répéter cette procédure, étape par étape, jusqu'à ce que les deux extrémités de la nivelle soient synchronisées.
- Répéter la procédure de vérification d'erreur transversale.

Les vis doivent être soigneusement serrées sans forcer. Autrement, elles ne seraient pas en mesure de maintenir la condition requise de réglage.

Après un réglage du fil croisé, l'erreur d'inclinaison doit être vérifiée de nouveau.

5.2.2 Modèle à image directe

Dans ce modèle, seules la nivelle sphérique et la nivelle tubulaire peuvent être ajustées (les vis de mise de niveau sont autoréglables, et les tolérances strictes de fabrication ont éliminé la nécessité du réglage d'erreur transversale de la nivelle tubulaire).

Nivelle sphérique

La procédure de réglage de la nivelle sphérique est identique à celle utilisée pour le modèle à image renversée, sauf que les vis de réglage (figure 19) sont situées à proximité de la nivelle sphérique. Les vis doivent être réglées avec un tournevis. La nivelle se déplace du côté de la vis étant serrée.

Erreur de collimation verticale (horizontalité de la ligne de visée)

L'essai utilisé pour l'erreur de collimation verticale (erreur d'inclinaison) est identique à l'essai utilisé pour le modèle à image renversée. La procédure ci-dessous doit être utilisée pour corriger cette erreur et fait référence aux figures 3 et 20 :

- Mettre la lunette d'approche dans la position « nivelle à gauche ».
- Tourner la vis d'inclinaison (12) de façon à régler le fil croisé horizontal sur la moyenne des deux lectures de mire (sur la ligne de visée horizontale).
- Les extrémités de la nivelle ne seront plus synchronisés et doivent de nouveau être réglées de façon à coïncider en tournant la vis de réglage (15) avec un tournevis (voir la figure 20).
- Pour fins de vérification, effectuer des lectures dans les deux positions de la lunette et répéter le réglage au besoin.



Figure 19: Wild N2 (direct image) – circular bubble adjustment

(Source : Automatic Level, Wild NAO, Instructions for Use, Manual G2 106e – IX.80, p. 12)



Adjusting the tubular level for horizontality of the line of sight

Figure 20. Niveau Wild N2 (à image directe) – réglage de la nivelle tubulaire

(Source : Niveau d'ingénieur Wild N2 muni d'une lunette rotative et d'une nivelle tubulaire réversible, instructions d'utilisation, manuel 217818e – III.71,

Essai de la nivelle tubulaire

L'essai des prismes de synchronisation de la nivelle tubulaire réversible est identique à celui du modèle à image renversée. Un essai à deux piquets doit être effectué de façon à détecter la présence d'une erreur. Si une erreur est repérée, les prismes doivent être ajustés par un réparateur d'instruments.

NOTA — Même si l'essai à deux piquets confirme que le réglage des prismes a été perturbé, l'instrument peut néanmoins être utilisé temporairement. Toutefois, la lunette doit demeurer verrouillée en position « nivelle à gauche ». L'instrument peut ensuite être ajusté et utilisé de la même façon que tout autre niveau.

5.3 NIVEAUX AUTOMATIQUES WILD

Nivelle sphérique

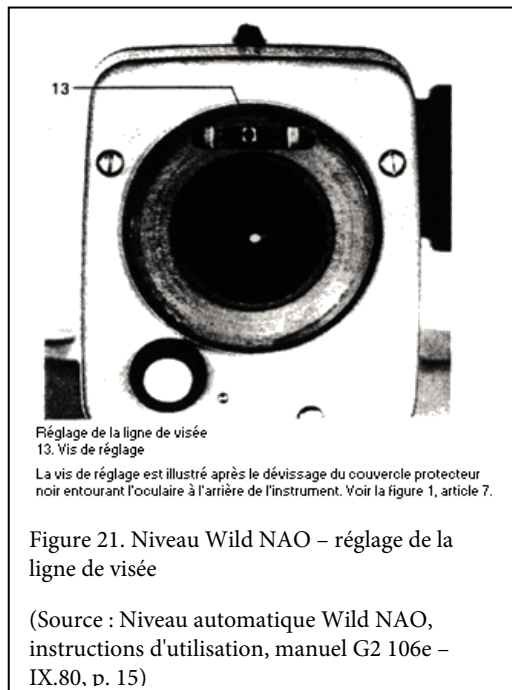
Dans les modèles automatiques Wild, la nivelle sphérique est vérifiée et réglée exactement comme celle du niveau Wild N2 (modèle à image directe). Dans le cas de niveaux automatiques, il est très important de maintenir le réglage de la nivelle sphérique, s'assurant ainsi que le compensateur se situera toujours à l'intérieur de sa plage de fonctionnement.

Horizontalité de la ligne de visée

Le centrage de la nivelle sphérique et la vérification du compensateur à l'aide du poussoir durant l'exécution d'un essai à deux piquets permet de déterminer si la ligne de visée doit être ajustée.

La ligne de visée doit être ajustée en déplaçant légèrement la plaque du réticule, de la façon suivante :

- Dévisser et enlever le couvercle protecteur noir situé à l'arrière de l'instrument.
- L'instrument étant toujours situé au pieu A de l'essai à deux piquets, tourner la vis de réglage (figure 21, article 13) jusqu'à ce que le fil croisé indique la valeur exacte sur la mire située sur le pieu B.
- Le dernier tour de la vis de réglage doit être effectué dans le sens horaire.
- Visser le couvercle protecteur.
- Répéter l'essai afin de vérifier le réglage.



6.0 PROCÉDURES DE NIVELLEMENT

6.1 INSTALLATION DE L'INSTRUMENT

La personne responsable de l'instrument de nivellement doit considérer son emplacement avant de l'installer. Le trépied doit être installé sur le sol ferme afin que la personne l'utilisant soit à l'aise et puisse exécuter le circuit de nivellement.

Le niveau et le trépied doivent être installés à l'emplacement choisi en écartant bien les pieds du trépied et en les appuyant fermement sur le sol en se tenant debout sur les pieds de la base du trépied. La tête du trépied doit être à peu près de niveau avec la lunette d'approche, à une hauteur pratique pour la visée. Sur les coteaux, placer un pied du trépied vers le haut de la côte et les deux autres vers le bas afin d'obtenir une meilleure stabilité. Les pieds télescopiques du trépied peuvent être réglés de façon à mettre la tête du trépied à peu près de niveau. Si le trépied possède une tête bombée, l'instrument peut être déplacé de façon à ce que la nivelle sphérique soit à peu près de niveau. Le réglage approximatif du niveau peut être effectué à l'aide des vis de mise de niveau situées sur la base, de façon à centrer avec soin la nivelle sphérique dans son cercle de repère.

Pour régler la lunette d'approche selon l'acuité visuelle de l'opérateur, certaines étapes doivent être effectuées. La lunette doit être pointée sur une surface uniforme de couleur pâle ou sur une feuille de papier blanc, et l'oculaire de la lunette doit être tourné jusqu'à ce que les fils croisés du réticule soient nets et complètement noirs. L'oculaire doit ensuite être tourné lentement jusqu'à ce que l'image commence à se défocaliser. Une légère rotation en sens opposé permet alors de remettre au point correctement les fils croisés. Ce réglage correspond à l'acuité visuelle du technicien et demeure constant, mais varie d'un technicien à l'autre.

La lunette peut être pointée approximativement sur la mire de nivellement en regardant dans la visée ouverte et en tournant l'instrument manuellement. Le fil vertical de la croix du réticule doit être réglé le long du milieu de l'image de la mire en tournant la vis de réglage horizontal. La molette de mise au point doit ensuite être tournée jusqu'à ce que l'image des graduations de la mire soit nette. L'observateur devrait déplacer son oeil vers le haut et vers le bas, et d'un côté à l'autre derrière l'oculaire, afin de s'assurer qu'il n'y a aucun parallaxe (il ne doit exister aucun mouvement entre l'image de la mire et la croix du réticule en adoptant différentes positions de visée). Si un parallaxe existe, l'instrument doit être remis au point, tel que stipulé dans le paragraphe précédent. Dans le cas d'instruments automatiques, la ligne de visée est maintenant horizontale, et la lecture de la mire peut être réalisée.

Dans le cas d'instruments inclinables, le réglage horizontal de la ligne de visée doit être effectué à l'aide de la nivelle torique. Le réflecteur fixe doit être placé de façon à obtenir une illumination optimale de la nivelle torique observée dans l'oculaire d'observation de la nivelle. L'image de la nivelle à coïncidence observée dans cet oculaire doit être réglée de façon à coïncider en tournant la molette d'inclinaison située sous l'oculaire. Lorsque les extrémités de la nivelle sont très éloignées l'une de l'autre, une flèche dans l'image de la nivelle indique le sens de rotation approprié de la vis d'inclinaison pour obtenir la synchronisation. La nivelle à coïncidence doit être vérifiée avant chaque lecture de mire.

6.2 POSITIONNEMENT ET LECTURE DE LA MIRE

La mire peut être correctement positionnée en la plaçant verticalement sur la pointe d'un objet stable. Elle doit ensuite être tenue d'aplomb par un aide-arpen teur ou avec un support de mire. L'opérateur de l'instrument peut déterminer l'aplomb de la mire dans une direction en observant si la mire est parallèle au fil croisé vertical, mais il ne peut pas déterminer si elle est inclinée vers l'avant ou l'arrière. Par conséquent, l'aide-arpen teur doit se servir d'une nivelle de mire pour mettre d'aplomb la mire dans cette direction.

Si l'aide-arpeur ne possède pas une nivelle de mire, l'aplomb de la mire peut être réalisé en balançant la mire entre deux doigts (s'il n'y a aucun vent). En balançant lentement la mire en l'éloignant et la rapprochant de l'instrument (figure 22), et en observant la lecture la plus faible sur la mire, il est également possible de s'assurer que la mire est verticale.

Les erreurs créées lorsque la mire n'est pas d'aplomb sont beaucoup plus importantes dans le cas de lectures effectuées sur la partie supérieure de la mire que celles réalisées sur sa partie inférieure.

Lorsque l'instrument est correctement mis de niveau et que la mire est fixée en position verticale, le technicien peut observer et noter la lecture indiquée par le fil croisé horizontal sur la mire telle que vue à travers la lunette. Pour vérifier la précision de la lecture, observer la nivelle à coïncidence et effectuer une nouvelle lecture de la mire (figure 23).

Le réticule de la lunette d'approche comporte des traits stadimétriques, un au-dessus et un au-dessous du fil croisé central. La moyenne des lectures des traits stadimétriques sur la mire représente la lecture horizontale réelle. La différence entre les deux lectures stadimétriques multipliée par 100 représente la distance entre l'instrument et la mire.

Dans des conditions normales, des lectures de mire d'une précision de 0,002 m suffisent. Une précision de lecture de 0,001 m suppose un degré d'exactitude impossible à atteindre et généralement incompatible avec la sensibilité du matériel utilisé pour la collecte des autres données de niveau.

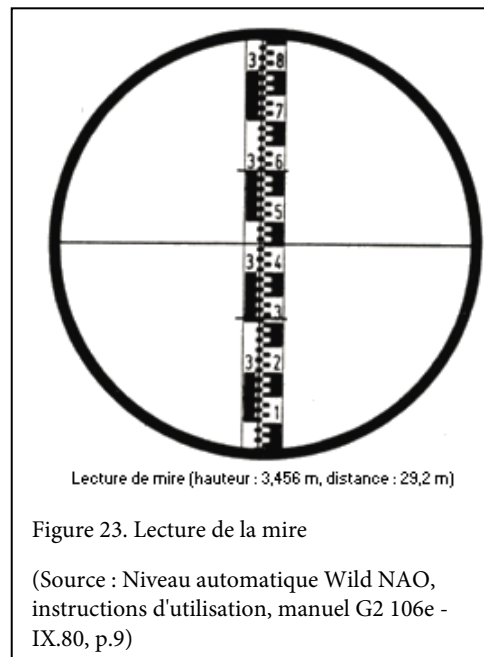
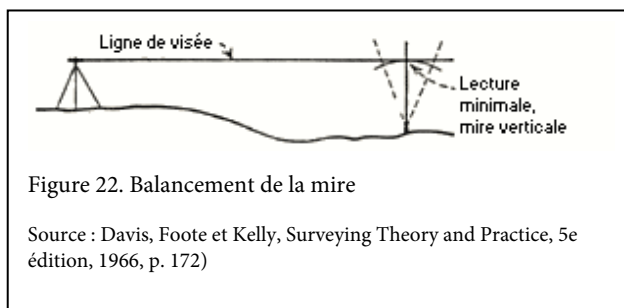
Lorsque la mise au point est effectuée convenablement, l'image de la mire est nette et sans parallaxe. Il ne devrait exister aucun mouvement apparent entre le fil croisé horizontal et la graduation de la mire lorsque l'oeil de l'observateur se déplace vers le haut ou vers le bas.

6.3 RELEVÉS DE NIVEAU

Les relevés de niveau constituent la partie la plus importante du travail de nivellement. Les relevés et les croquis forment un registre permanent du levé pouvant être interprété facilement par quiconque possédant des connaissances en nivellement. Les notes pouvant être interprétées uniquement par le releveur sont inacceptables.

Le format utilisé pour les relevés de niveau durant les vérifications routinières du niveau des jauges et pour le nivellement ordinaire en ligne ou différentiel entre deux repères de nivellement (la visée arrière et la visée avant étant à peu près équilibrées) est illustré à la figure 24. La partie de la feuille de niveau du formulaire de notes d'inspection hydrométrique R-21A(M) se divise en deux colonnes servant à noter les observations et à calculer la hauteur. La partie inférieure de la feuille de niveau ou une feuille additionnelle sert à relever les notes descriptives nécessaires qui doivent accompagner la feuille d'observation.

Durant la prise de notes, la hauteur du repère de nivellement ou de la marque de référence doit être inscrite dans la ligne du haut, dans la colonne intitulée hauteur. Le numéro d'identification du repère de nivellement doit être



LEVEL NOTES # MUDDY RIVER at NEW GAUGING STATION				
STATION	B.S.	HT. INST.	I.S.	ELEVATION
BM S70-4	1.113	7.514		6.401
TP1	2.408	8.093	1.829	5.685
TP2	3.139	10.244	0.988	7.105
TP3	2.822	12.426	0.640	9.604
TP4	3.484	14.938	0.972	11.454
BM S70-6	0.686	14.920	0.704	14.234
TP5	0.948	12.140	3.728	11.192
TP6	1.247	11.345	2.042	10.098
TP7	0.731	9.927	2.149	9.196
BM S70-4			3.520	6.407
	B.S.=16.576	F.S.=16.572	6.401	
	16.572			
	0.006		=-0.006	Acceptable closure error
SKETCHES				

LEVEL NOTES at CLEAR RIVER AT LITTLE BEND					
STATION	B.S.	HT. INST.	I.S.	ELEVATION	
BM M70-3	0.914	20.726		19.812	BM is in S.E. of Power Pole at shelter
TP1	0.305	17.983	3.048	17.678	
TP2	0.610	15.240	3.353	14.630	
TP3	0.305	12.802	2.743	12.497	
TP4	0.610	9.754	3.658	9.144	
W.L.	3.793	10.044	3.503	6.251	{ Rock at water level @ 10:30 PST.
TP5	3.353	12.787	0.610	9.434	{ Cut on rod 0.000
TP6	3.658	16.140	0.305	12.482	
TP7	4.267	20.255	0.152	15.988	
BM M70-3			0.439	19.816	
B.S. =	18.120		F.S. =	18.116	
			Diff. =	-0.004	CLOSURE O.K.

SKETCHES

LEVEL NOTES at CLEAR RIVER AT LITTLE BEND				
STATION	B.S.	HT. INST.	F.S.	ELEVATION
M70-3	0.914	20.726		19.812
TP1	0.406	17.984	4.058	17.578
TP2	4.128	18.019	4.092	13.891
TP3	3.868	21.743	0.144	17.875
M70-3			1.934	19.809

B.S. =	9.215	F.S. =	9.218	0.003
Diff. =				0.003
				Acceptable closure Error
LEV TP2 =	13.891	m		
Cut on rod =	0.134			
Water level	14.025	m		
SKETCHES				

Les jauges sont soumises à un grand nombre de conditions extrêmes et sont fréquemment déplacées ou même détruites par le gel et la glace. L'instabilité des rives, l'érosion du lit des rivières et, dans certains cas, le vandalisme peuvent constituer des causes de perte de données. Pour contribuer à la fiabilité des registres de niveau, les niveaux de référence des jauges doivent de temps à autre être comparés à la hauteur de référence originale. La fréquence de

Durant le nivellement visant à vérifier le mouvement possible d'une jauge, **LE CIRCUIT DOIT TOUJOURS ÊTRE FERMÉ**. Même s'il existe plus d'une installation entre le repère de nivellement et la jauge, l'instrument doit être déplacé pour fermer le parcours de retour vers le repère de nivellement.

La procédure permettant de déterminer la hauteur d'une échelle limnimétrique par rapport à celle d'un repère de nivellement requiert plusieurs étapes. Premièrement, l'instrument de nivellement doit être installé dans un endroit pratique entre l'échelle limnimétrique et le repère de nivellement, de façon à obtenir une lecture de mire nette aux deux points. Cet emplacement ne doit pas nécessairement se situer sur la ligne reliant les deux points. Une visée arrière sur le repère de nivellement doit ensuite être effectuée et notée. Ensuite, l'aide-arpenteur doit se rendre à l'échelle limnimétrique et tenir la mire sur celle-ci pendant que le technicien de nivellement effectue et note une lecture de visée avant. L'instrument doit ensuite être déplacé et installé de nouveau pour une autre lecture de visée arrière sur l'échelle limnimétrique. L'aide-arpenteur doit ensuite retourner au repère de nivellement, où le technicien de nivellement doit effectuer et noter une visée avant.

NOTA — Les deux exemples illustrés (figure 27) sont acceptables. Ils diffèrent du fait que l'exemple n° 1 détermine la hauteur au bas de la jauge et que l'exemple n° 2 évalue la hauteur d'un point sur la jauge.

Figure 27(a) Relevés de niveau avec échelle limnimétrique (Exemples Nos. 1 et 2)

Toutefois, cette procédure présente un problème durant la vérification des jauges des sondes limnimétriques visuelles sans l'assistance d'un aide-arpenieur. En changeant entièrement l'emplacement du trépied après une visée initiale sur le poids, il est difficile d'effectuer une nouvelle visée sur la partie graduée du poids durant la fermeture du circuit. Dans ce cas, et uniquement dans ce cas, il est recommandé d'allonger l'un des pieds du trépied afin de réorienter la tête de la nivelle sur le poids gradué durant la visée avant (figure 28). Bien entendu, cette méthode n'est pas nécessaire lorsqu'une aide est disponible. La partie de retour du circuit est effectuée en exécutant des lectures de niveau jusqu'au repère de nivellement où le circuit a débuté. Consultez les figures 28 et 29 illustrant les rectifications des sondes limnimétriques visuelles et des échelles limnimétriques ainsi que des exemples de relevés de niveau.

Durant le nivellement d'échelles limnimétriques intérieures et extérieures, la même procédure globale est utilisée. L'instrument doit cependant être déplacé pour la fermeture du circuit. Comme il a été mentionné dans l'exemple précédent, le circuit doit être fermé en retournant au repère de nivellement original.

Durant l'exécution de circuits de nivellement, le technicien doit viser tous les points dont la hauteur est à déterminer.

Dans tous les cas, le circuit de nivellement doit être exécuté avant l'évaluation de la rectification nécessaire de la jauge. Il est fortement recommandé de déterminer la hauteur de l'eau au moment où le circuit de nivellement est exécuté. Entre autres, la hauteur de l'eau obtenue permet de déterminer si les tuyaux d'admission sont ensablés ou gelés.

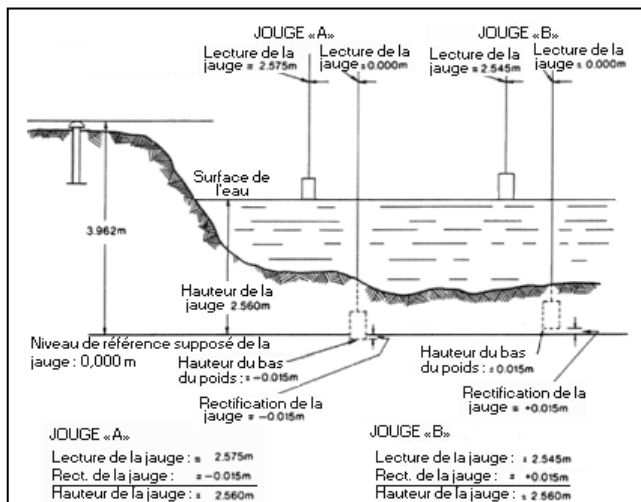


Figure 28. Exemples de relevés de niveau et illustration des rectifications de la sonde limnimétrique visuelle

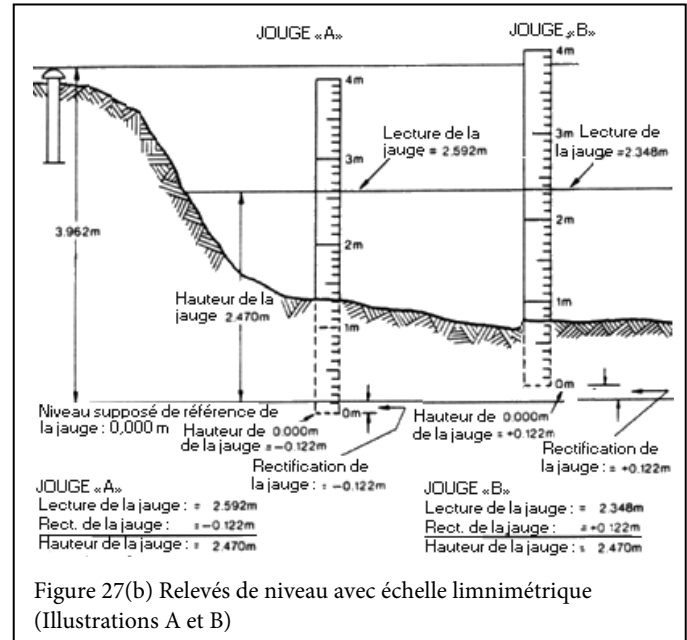


Figure 27(b) Relevés de niveau avec échelle limnimétrique (Illustrations A et B)

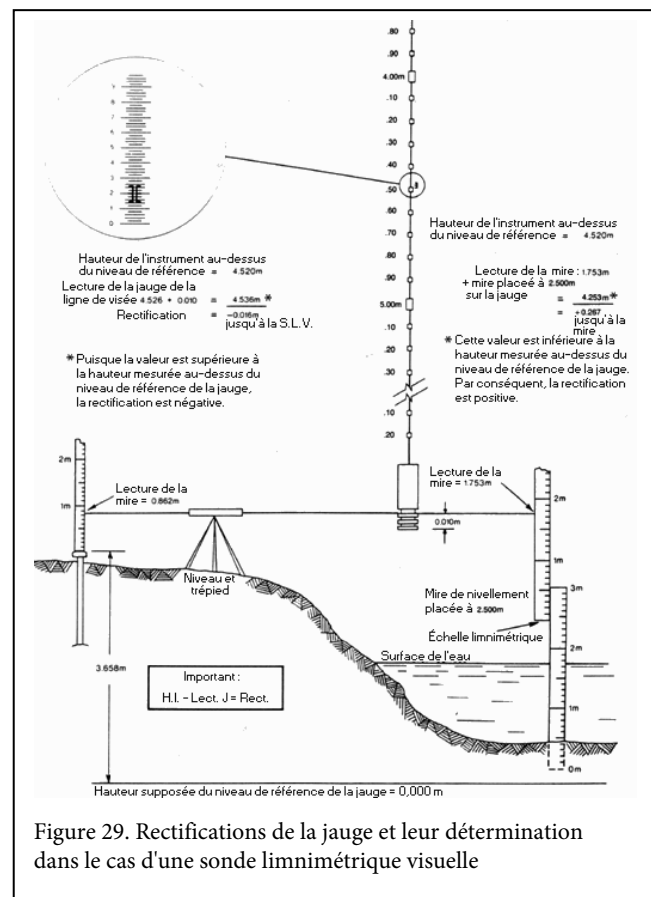


Figure 29. Rectifications de la jauge et leur détermination dans le cas d'une sonde limnimétrique visuelle

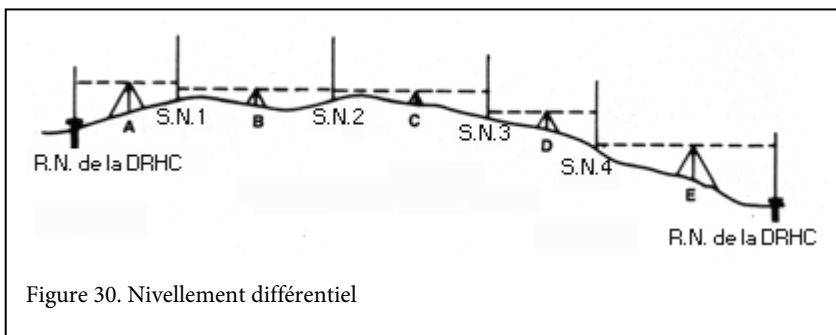
6.5 NIVELLEMENT EN LIGNE OU DIFFÉRENTIEL

Pour évaluer la différence de hauteur entre deux repères de nivellement séparés par une grande distance, un circuit de nivellement doit être exécuté entre les deux stations (par exemple, à partir d'une station de Levés géodésiques du Canada jusqu'à une station de jaugeage hydrométrique). De nombreux emplacements intermédiaires de l'instrument doivent être choisis afin que les distances de visée des visées arrière et avant soient approximativement égales (entre 50 m et 90 m). Au premier emplacement de l'instrument, la mire doit être maintenue verticalement sur le repère de nivellement dont la hauteur est connue, sa surface tournée vers l'instrument. La lecture de visée arrière (V.ar.) sur la mire doit être ajoutée à la hauteur connue de façon à obtenir la hauteur de l'instrument (H.I.). Ensuite, l'aide-arpen teur doit transporter la mire jusqu'à l'instrument en comptant le nombre de pas entre le repère de nivellement et l'instrument. Il doit ensuite s'éloigner de l'instrument du même nombre de pas, puis trouver ou établir une station de nivellement convenable (S.N. n° 1) (par exemple, un pivot enfoncé dans le sol, ou le point supérieur d'une roche). La hauteur de l'instrument moins la lecture de visée avant de la mire (V.av.) à la station de nivellement correspond à la hauteur de cette dernière (S.N. n° 1).

Lorsque la station de nivellement est établie, l'instrument doit être transporté jusqu'à son prochain emplacement. La distance du prochain emplacement est déterminée de la même façon que la distance jusqu'à la première station de nivellement. Les visées arrière et les visées avant doivent être équilibrées afin d'éliminer les erreurs d'instrument et les erreurs physiques (voir l'essai à deux piquets). S'il est impossible d'équilibrer les visées arrière et avant en utilisant le niveau Wild N2, la mire doit être lue dans les deux positions de la lunette (nivelle à droite et nivelle à gauche), puis la moyenne des deux lectures doit être calculée afin de corriger l'erreur de l'instrument. Durant la visée sur une distance dépassant 70 m, les effets de courbure de la terre et de réfraction peuvent devenir perceptibles. Ces effets ne peuvent pas être éliminés en effectuant la lecture de la mire dans deux positions.

La différence de hauteur entre les deux repères de nivellement devrait être égale à la somme de toutes les lectures de visée arrière moins la somme de toutes les lectures de visée avant (du premier au deuxième repère de nivellement).

Certaines stations de nivellement peuvent être marquées temporairement et utilisées de nouveau au retour du circuit vers le repère de nivellement original. S'il existe une erreur de niveau, il se peut qu'uniquement une partie du circuit doive être exécutée de nouveau. Un circuit de nivellement est illustré à la figure 30.



Dans tous les cas, le circuit doit être fermé, même s'il est nécessaire d'effectuer une installation pour vérifier le mouvement de la jauge, de réaliser un lien de repères de nivellement, ou d'effectuer une mesure directe de la hauteur de l'eau.

6.6 NIVELLEMENT RÉCIPROQUE

Il est quelquefois nécessaire de transférer une hauteur connue d'un côté à l'autre d'une large rivière. Ce transfert peut être motivé par la nécessité de déplacer une station de jaugeage existante possédant un niveau de référence connu ou pour effectuer une ligne de niveaux à partir d'un repère de nivellement établi durant l'installation d'une nouvelle station de jaugeage. Le prolongement d'un niveau de référence existant et le transfert d'une hauteur établie

pour le site d'une station de jaugeage constituent des parties essentielles du travail hydrométrique.

La procédure d'exécution du nivellement réciproque est la suivante :

- Installer l'instrument à proximité du point de hauteur connue (point A). Effectuer et noter les lectures de visée arrière au point A et de visée avant au point situé de l'autre côté de la rivière, où la hauteur doit être transférée (point B).
- Installer maintenant l'instrument à proximité du point B. Effectuer et noter les lectures de visée arrière au point A et de visée avant au point B.

Il arrive souvent que la distance horizontale entre les deux points soit large (0,75 km). Dans ce cas, il est nécessaire d'installer une mire fixe sur la mire éloignée. Pour obtenir des résultats précis, une série de lectures de visée avant doit être effectuée. La nivelle doit être centrée et une nouvelle visée doit être effectuée sur la mire après chaque observation.

La différence entre la moyenne des lectures de visée arrière et de la moyenne des lectures de visée avant est la différence de hauteur entre les deux points.

Cette méthode de nivellement réciproque suppose que les conditions dans lesquelles les observations sont réalisées demeurent constantes durant la procédure. Lorsque les points de nivellement sont très éloignés, deux facteurs peuvent influencer la précision des lectures : l'élargissement inégal des pièces de l'instrument et les variations de la réfraction atmosphérique. Il est préférable d'effectuer cette tâche durant une journée nuageuse, lorsque la température et les conditions atmosphériques demeurent constantes. Autrement, il est nécessaire de protéger l'instrument des rayons du soleil. La procédure doit être terminée aussi rapidement que possible.

6.7 RÉGLAGE DE LA HAUTEUR

Nous pouvons supposer que la plupart des erreurs de nivellement sont accidentelles et que la majorité des circuits de nivellement exécutés au cours de levés hydrométriques sont relativement courts.

Lorsqu'une ligne de niveaux décrit un circuit complet, la hauteur finale du repère de nivellement initial telle que calculée à l'aide des relevés est presque toujours en désaccord avec la hauteur initiale. La différence entre la hauteur connue du repère de nivellement et sa hauteur calculée selon le circuit de nivellement est appelée l'erreur de fermeture. Cette valeur constitue l'erreur réelle obtenue durant l'exécution du circuit de nivellement. Il est évident que la hauteur des points intermédiaires déterminée durant l'exécution du circuit comporte également des erreurs. Toutefois, dans la plupart des cas, la distance entre les installations est relativement courte et les rectifications peuvent être effectuées en proportion directe avec les installations. Si l'erreur de fermeture est positive, toutes les rectifications doivent être soustraites. Si l'erreur est négative, les rectifications doivent être ajoutées.

Lorsque les circuits de nivellement se font sur de longues distances, il est nécessaire de recourir à une méthode plus précise de rectification des hauteurs. L'erreur probable a tendance à varier en fonction de la racine carrée du nombre d'occasions d'erreurs ou nombre d'installations. En supposant que le nombre d'installations est identique pour chaque kilomètre, l'erreur probable totale varie proportionnellement à la racine carrée de la distance. Par conséquent, la rectification appropriée de la hauteur observée d'un repère de nivellement intermédiaire donné dans un circuit de nivellement est directement proportionnelle à la distance séparant ce repère du repère de nivellement initial.

Ainsi, si E est l'erreur de fermeture dans un circuit de nivellement de longueur L , et si $C_a, C_b, \dots, C_n$ sont les rectifications respectives à appliquer à la hauteur observée des repères de nivellement A, B, ..., N, dont les distances respectives à partir du point d'origine sont $a, b, \dots, n$, alors :

$$C_a = -a/L \times E; C_b = -b/L \times E; \dots; C_n = -n/L \times E$$

6.8 NIVELLEMENT À TROIS FILS (JAUGES DE MARÉE)

Pour fins de précision et pour éviter les erreurs, le nivellement hydrographique exige que la procédure à trois fils soit utilisée. Les lectures doivent être effectuées sur la mire de nivellement, sur les positions des trois fils croisés horizontaux (supérieur, central et inférieur). Ces lectures sont notées en tant que A, B et C dans la colonne appropriée, « visée arrière » ou « visée avant », d'un formulaire de nivellement standard. La précision des lectures de mire doit être évaluée par la correspondance des deux moitiés de l'intervalle stadimétrique, c'est-à-dire la lecture du fil croisé supérieur moins la lecture du fil croisé central, et la lecture du fil croisé central moins la lecture du fil croisé inférieur. Si la différence est supérieure à 2 mm, les lectures doivent être répétées. La distance de visée ne doit pas dépasser 30 m.

La fermeture du circuit de nivellement (le désaccord entre les différences de hauteur déterminées durant le parcours avant et arrière) ne doit pas dépasser le maximum de 3 mm ou $8 (K) \frac{1}{2}$ mm, où K est la longueur de la ligne de nivellement (unidirectionnelle) en kilomètres.

Les nombres suivants représentent les valeurs de $8 (K) \frac{1}{2}$ mm pour des distances jusqu'à environ 1 km :

190 m (ou moins)		3 mm
191 m à 316 m		4 mm
317 m à 472 m		5 mm
473 m à 660 m		6 mm
661 m à 878 m		7 mm
879 m à 1 129 m		8 mm

Pour plus de renseignements, consultez le manuel Canadian Tidal Manual, Ministère des Pêches et Océans, 1983.

7.0 ERREURS DE NIVELLEMENT

L'un des facteurs les plus importants de la précision du nivellement est la compétence du technicien. Le technicien de nivellement doit être conscient des problèmes potentiels pouvant provoquer des erreurs de nivellement et connaître les étapes nécessaires pour limiter ces erreurs. La liste suivante énumère certaines erreurs couramment commises durant l'exécution du nivellement :

1. Mauvais réglage de l'instrument – Cette condition se produit lorsque la ligne de visée n'est pas parallèle à l'axe de la nivelle torique. Cette erreur peut être minimisée en réglant l'instrument avec soin et en équilibrant les distances de visée arrière et de visée avant.
2. Parallaxe – L'oculaire de la lunette doit être ajusté jusqu'à ce que les fils croisés soient nets et distincts. S'il existe un mouvement apparent des fils croisés sur la cible lorsque l'observateur déplace légèrement son oeil (verticalement ou horizontalement), il existe une condition de parallaxe. Cette condition peut être réduite à une valeur négligeable en effectuant une mise au point précise de l'oculaire sur la lentille de l'objectif.

Autre procédure :

- o focaliser la lunette sur la plus grande distance.
 - o incliner le niveau vers le ciel.
 - o ajuster l'oculaire jusqu'à ce que les fils croisés soient aussi nets que possible.
 - o noter la lecture de l'échelle dioptrique pour les vérifications subséquentes.
 - o utiliser l'instrument.
3. Lecture inexacte de la mire – Cette erreur peut être considérablement réduite en effectuant des visées à plus courte distance et en vérifiant chaque lecture avant de la prendre en note.
 4. Mire non verticale – Une nivelle de mire peut être utilisée, ou la mire peut être balancée pour éliminer ce type d'erreur. Lorsque la mire est inclinée vers l'arrière, il faut s'assurer qu'elle est toujours appuyée sur le côté frontal de la base.
 5. Stations de nivellement inadéquates – Les stations de nivellement mal définies ou instables constituent une source potentielle d'erreurs. En s'efforçant de sélectionner des stations de nivellement solides dont les sommets sont arrondis, ce type d'erreur peut être minimisé.
 6. Nivelle torique non centrée – L'importance de cette erreur varie proportionnellement à la distance entre l'instrument et la mire. Ainsi, plus la distance de visée est grande, plus la mise de niveau de l'instrument doit être réalisée avec soin.
 7. Enfoncement du trépied de l'instrument – Il est probable qu'un enfoncement du trépied ait lieu durant le nivellement sur sol tendre, boueux ou en dégel. Dans ces conditions, les observations de visée arrière et de visée avant doivent être effectuées en succession rapide afin de minimiser l'effet de l'enfoncement de l'instrument.
 8. Longueur de mire inexacte – La longueur des mires de nivellement doit être vérifiée périodiquement à l'aide d'un ruban d'acier. La poussière ou la neige peut pénétrer dans la gaine des mires à sections, ce qui

peut empêcher celles-ci de s'emboîter convenablement. Les mires doivent être assemblées et transportées de façon à ce que leur partie supérieure ne soit jamais en contact avec le sol.

9. Accumulation de boue, de neige ou de glace sur la base de la mire – Les accumulations de boue, de neige ou de glace sur la mire doivent être enlevées avant l'exécution de chaque lecture, afin que les circuits de nivellement puissent être fermés. Il est à noter que l'accumulation de glace est parfois inévitable durant la mesure directe de la hauteur de l'eau en hiver. Une usure uniforme de la base de la mire n'entraîne aucune erreur.

8.0 PRÉCISION DU NIVELLEMENT

Une ligne de niveaux se terminant au point d'origine ou à un autre repère de nivellement précédemment établi est appelé circuit de nivellement. Lorsqu'un long circuit de nivellement est terminé, la hauteur calculée à partir des relevés de niveaux correspond rarement à la hauteur initiale ou à la hauteur donnée du point. Cette différence de hauteur est appelée erreur de fermeture, et peut être attribuée aux conditions décrites précédemment.

Les conditions suivantes sont nécessaires à une précision de nivellement optimale :

- la distance de visée ne dépasse pas 90 m de longueur.
- les visées avant et arrière sont à peu près équilibrées.
- la mire de nivellement est balancée dans le cas de lectures de mires éloignées.
- les stations de nivellement sont établies sur des objets solides bien définis.
- la nivelle est soigneusement centrée avant chaque visée.
- le trépied est mis de niveau sur le sol ferme.

Si ces conditions sont remplies, l'erreur maximale de fermeture ne devrait pas dépasser $0,010 \times$ la racine carrée de la distance en kilomètres. Normalement, l'erreur sera considérablement inférieure. Ce critère peut être utilisé durant la détermination de la nécessité d'effectuer une rectification de jauge ou de repère de nivellement. Les valeurs suivantes constituent une référence générale :

Longueur du parcours

Une rectification doit être effectuée lorsque la différence de hauteur est égale ou supérieure à

1 km	0,010 m
500 m	0,006 m
300 m	0,003 m

Les erreurs de fermeture sont distribuées également pour chaque installation de l'instrument, en supposant que le nombre d'installations par kilomètre est constant dans tout le circuit.

Dans le cas de courts circuits de nivellement comprenant trois installations ou moins, l'erreur maximale de fermeture admissible est 0,003 m. Si elle est supérieure à cette valeur, il est préférable de recommencer le circuit plutôt que de distribuer l'erreur de fermeture. La figure 31 illustre les réglages de hauteur attribuables à l'erreur de fermeture.

RELEVÉS DE NIVEAU À : R.N. DE LGC 785193 AUX R.N. DE LA DRHC					
STATION	V. ar.	H. de l'INST	V. av.	HAUTEUR	
LGC 785193	1.241	877.767		876.526	Monument en béton et station
S.N.1	0.901	877.095	1.573	876.194	Roche
S.N.2	0.532	875.222	2.405	874.690	Pivot 2 po x 2 po
S.N.3	0.202	873.552	1.872	873.350	Souche d'arbre
S.N.4	0.004	870.454	3.102	870.450	Pivot 2 po x 2 po
S 87-101	2.754	870.954	2.254	868.200	Barre d'acier 8 m au S.
S 87-102	2.370	870.623	2.701	868.253	Barre d'acier 2 m à l'E.
S.N.4	2.975	873.425	0.173	870.450	Pivot 2 po x 2 po
S.N.3	1.962	875.314	0.073	873.352	Souche d'arbre
S.N.2	2.392	877.086	0.620	874.694	Pivot 2 po x 2 po
S.N.1	1.527	877.725	0.888	876.198	Roche
LGC 785193			1.195	876.530	Monument
				Fermeture = -0.004 m	Fermeture satisfaisante
CROQUIS					
NOTA : Les hauteurs géodésiques des R.N. de la DRHC sont :					
S 87-101 = 868.198 m					
S 87-102 = 868.251 m					

Figure 31. Relevés de niveau pour le nivellement différentiel

9.0 CONSEILS UTILES POUR LA LECTURE DES LIMNIMÈTRES

1. Prolonger les échelles limnimétriques dans les orifices de l'étagère de l'enregistreur de façon à ce que l'échelle limnimétrique puisse être lue directement par l'instrument, afin d'obtenir les rectifications de la jauge (voir la figure 32).

NOTA (a)	Jauge intérieure prolongée au-dessus de l'étagère de l'enregistreur.
(b)	Section de ruban sur le poids (fixée à l'aide d'un élastique) d'une sonde limnimétrique électrique.

2. Utiliser un support pour allonger la sonde limnimétrique électrique au-dessus de l'étagère de l'enregistreur, afin que le niveau puisse être installé à une hauteur pratique pour l'observation (voir la figure 33). Le niveau peut être réglé à une hauteur appropriée au nivellement sur le bas du poids.
3. Utiliser la dernière rectification de la jauge pour effectuer un réglage initial de la sonde limnimétrique visuelle ou électrique. Ainsi, il n'est pas nécessaire d'effectuer plusieurs réglages de la jauge pour effectuer une lecture sur la partie inférieure du poids. Bien entendu, si la jauge est rectifiée, cette procédure n'est pas nécessaire.
4. Conserver une section du ruban d'acier durant l'installation d'une sonde limnimétrique électrique. Un morceau de ruban peut être fixé à l'aide d'élastiques sur le poids d'une sonde limnimétrique électrique ou visuelle, afin que le bas du poids puisse être réglé approximativement à la hauteur exacte. Le réglage peut être déterminé à partir de la lecture du ruban fixé (voir la figure 32).
5. Une pelle à poignée fermée peut être utilisée si un support de mire n'est pas disponible.
6. Les marques de graduation de 2 mm sur le poids de la sonde limnimétrique visuelle peuvent être utilisées pour la mesure de hauteur, plutôt que d'effectuer une visée sur le bas du poids. Toutefois, il est recommandé d'effectuer une visée sur le bas du poids.
7. Les observations réalisées avec le niveau Wild N2 peuvent être effectuées dans les positions «nivelle à gauche» et «nivelle à droite» lorsque les longueurs des visées arrière et avant ne sont pas égales et que l'on suspecte une erreur de réglage.
8. Lorsque les pieds d'un trépied en bois deviennent lâches dans les douilles métalliques, trempez les pieds dans de l'eau ou les envelopper dans des chiffons mouillés jusqu'à ce qu'ils s'enflent.
9. La lecture du fil croisé supérieur moins la lecture du fil croisé inférieur (traits stadimétriques) multipliée par 100 égale la distance approximative entre l'instrument et la mire.
10. Durant la mise de niveau d'une sonde limnimétrique électrique, un trombone peut être utilisé pour maintenir le ruban à la hauteur déterminée si la sonde ne dispose pas d'un système de freinage.

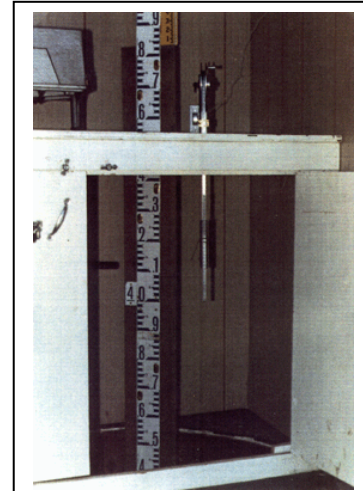


Figure 32. Échelle limnimétrique prolongée dans

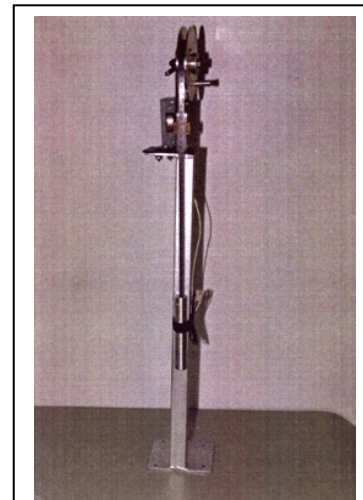


Figure 33. Support de la sonde

11. Si la partie inférieure d'un ensemble de mire est perdue, le circuit peut être recommencé en utilisant les sections restantes de la mire. S'assurer de recommencer le circuit en entier à l'aide des sections restantes de la mire.
Débuter au repère de nivellement initial et fermer le circuit.
12. Le trépied peut être installé sur la glace si les lectures sont effectuées rapidement et successivement afin d'éviter que les sabots métalliques du trépied ne s'enfoncent dans la glace. Comme précaution supplémentaire, laisser les sabots métalliques se refroidir jusqu'à la température extérieure avant l'installation. Le trépied peut également être installé sur un châssis en bois si la fonte de la glace constitue un problème.



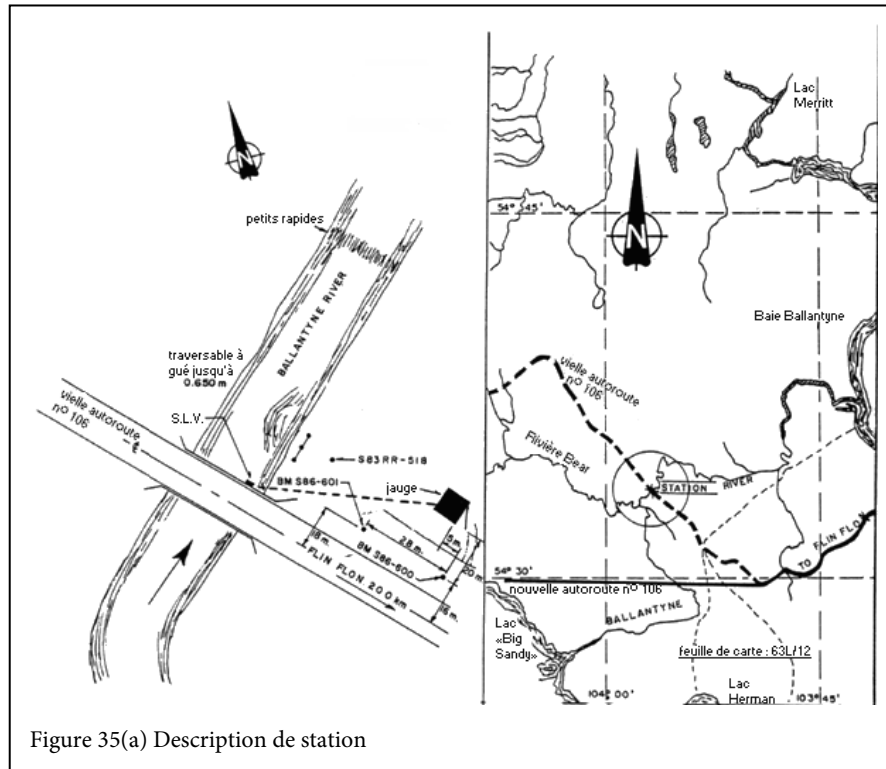


Figure 35(a) Description de station

ENVIRONMENT CANADA WATER SURVEY OF CANADA

DESCRIPTION OF STATION

Station No. 05KFD01
 Station Name: BALLANTYNE RIVER ABOVE BALLANTYNE BAY
 Prov: Sask
 Established October in 1964
 Name of Observer: _____ Telephone _____
 Residence Location: _____
 Location: Lat: 54 33'40"N Long: 103 56'30"W
 in _____ sec. _____, twp. 64, rge. 13 V2 Mer.
 Located downstream of timber bridge on Hwy
 No. 106 about 193 km west of Flin Flon.
 Located on the right bank of the river.

Description of gauging equipment and location: _____
Standard metal walk-in shelter mounted on a
concrete slab c/w a northern heating package.
recorder driven by a servo
manometer. Pen is set to a WWG mounted on the
downstream bridge rail. Solar panel and 12v
battery.

Description of Control and Measuring Sections: Natural channel
control consisting of a series of rapids down-
stream of the gauge. Highwater measurements
are made from the downstream bridge rail
which is marked with notches every 2.0 m.
Wading measurements downstream of the gauge

ELEVATION OF GAUGE DATUM AND DESCRIPTION OF BENCH MARKS

Elevation of Gauge Datum: 0.000 m, assumed
 Conversion Equation: 356.006m to convert to
Geodetic Survey of Canada

BM SR83-518 0.019 m dia rod BM located NW of
 shelter, 8.0 m shoreward from the
 pilings from the old bridge. Spring
 type marker.
 Elev: 4.290 m
 BM S86-600 SC Brass cap located 5 m SE of shelter
 and 20 m SW on ditch backslope. BM
 is approx. 16 m NE of Hwy centreline
 Elev: 8.343 m
 BM S86-601 SC Brass cap located approx. 28 m NW
 of BM S86-600 on ditch backslope
 BM is approx. 18 m NE of Hwy centre-
 line.
 Elev: 5.868 m

DIMENSIONED SKETCH OF ORIFICE OR INTAKES

Revised by C.A. Brumwell date 1988-11-30

Figure: 35(b) Station description

05KFD01 RIVIERE BALLANTYNE EN AMONT 27 février 1986
 DE LA BAIE BALLANTYNE
 Station mise en place le 29 octobre 1964, Mun. 64, Dist. 13
 Repères de nivellement: (1964-1974)
 RN n° 2 Clou de 4 po enfoncé horizontalement dans une épinette de
 14 po de dia. à 135 pi au S.-O. de l'extrémité nord du pont.
 Hauteur: 13,12 pi
 RN n° 3 Capuchon en laiton sur une barre de 7 pi à 120 pi au N.-E.
 de l'extrémité N.-O. du pont.
 Hauteur: 9,32 pi
 RN n° 4 Capuchon en laiton LGC n° 655232 - situé à environ 400 pi
 à l'ouest du pont du côté sud de l'autoroute n° 106, en face
 de la route du terrain de camping.
 Hauteur: 43,54 pi
 RN n° 5 A 32 pi en amont de l'abri.
 Hauteur: 14,31 pi
 Niveau zéro de la jauge: 0,000 pi
 Niveau de référence courant: supposé
 Autre niveau de référence: Levés géodésiques du Canada
 Facteur de conversion du niveau de référence courant vers
 l'autre niveau de référence: ajouter 1168,00 pi.
 La station a été détruite lors d'une inondation en juillet 1974, remise en
 place en octobre 1974 à la Mun. 64, Dist. 13, 2e mér. O. Le RN LGC n° 655232
 était le seul repère de nivellement retrouvé après l'inondation.
 Repères de nivellement (1974 - 1977)
 RN n° 4 Capuchon en laiton LGC n° 655232 - situé à environ
 400 pi à l'ouest du pont, du côté sud de l'autoroute
 n° 106, en face de l'entrée du terrain de camping.
 RN S74-114 Tuyau standard à 30 pi en aval du pont, sur la rive droite.
 Hauteur: 10,75 pi
 RN S74-115 Tuyau standard situé à 2 pi en aval du coin de l'abri.
 Hauteur: 29,04 pi
 Niveau zéro de la jauge: 0,00 pi
 Niveau de référence courant: supposé
 Autre niveau de référence: Levés géodésiques du Canada
 Facteur de conversion du niveau de référence courant vers l'autre
 niveau de référence: ajouter 1168,00 pi.

...2

Figure 36. Étude des repères de nivellement (page 1)

05KFD01 RIVIERE BALLANTYNE EN AMONT 2
 DE LA BAIE BALLANTYNE
 Repère de nivellement (1977 - 1981)
 La station a été convertie au fonctionnement métrique le
 7 novembre 1977.
 RN n° 4 Capuchon en laiton LGC n° 655232 - situé à environ 400 pi
 à l'ouest du pont sur le côté sud de l'autoroute n° 106, en
 face de l'entrée du terrain de camping. Instabilité constatée
 le 21 juillet 1980. Le repère de nivellement est situé à
 l'extrémité de l'emprunt de terre et s'expose graduellement.
 Hauteur: 13,271 m
 RN S75-114 Tuyau standard à 30 pi en aval du pont sur la rive droite.
 Hauteur: 3,227 m (instabilité constatée en 1981)
 RN S74-115 Tuyau standard situé à 2 pi en aval du coin de l'abri.
 Hauteur: 8,851 m
 Niveau zéro de la jauge: 0,000 pi
 Niveau de référence courant: supposé
 Autre niveau de référence: Levés géodésiques du Canada
 Facteur de conversion du niveau de référence courant vers l'autre niveau
 de référence: ajouter 356,006 m.
 Repères de nivellement (1981 - 1982)
 L'instabilité du repère de nivellement S75-114 a été constatée.
 RN S75-115 Tuyau standard situé à 0,6 m en aval du coin avant de l'abri.
 Hauteur: 8,851 m
 RN 81-29 Tire-fond situé sur la butée droite en aval.
 Hauteur: 5,585 m (faisant référence à S74-115)
 Niveau zéro de la jauge: 0,000 m
 Niveau de référence courant: supposé
 Autre niveau de référence: Levés géodésiques du Canada
 Facteur de conversion du niveau de référence courant vers l'autre
 niveau de référence: ajouter 356,006 m.
 Repères de nivellement (1982)
 RN S75-115 Tuyau standard situé à 0,6 m en aval du coin avant de l'abri.
 Hauteur: 8,851 m
 RN 81-29 Tire-fond situé sur la butée droite en aval.
 Hauteur: 5,585 m (faisant référence à S74-115)
 RN 82 Tire-fond dans l'épinette à 31,0 m en aval et en direction de
 la rive à partir du pont (mis en place le 21 juin 1982).
 Hauteur: 7,904 m

...3

Figure 36. Étude des repères de nivellement (page 2)

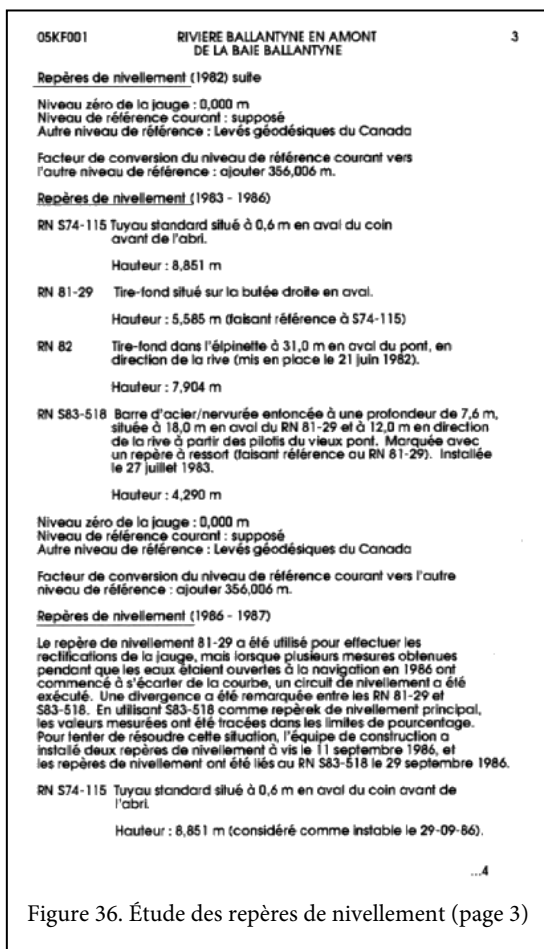


Figure 36. Étude des repères de nivellement (page 3)

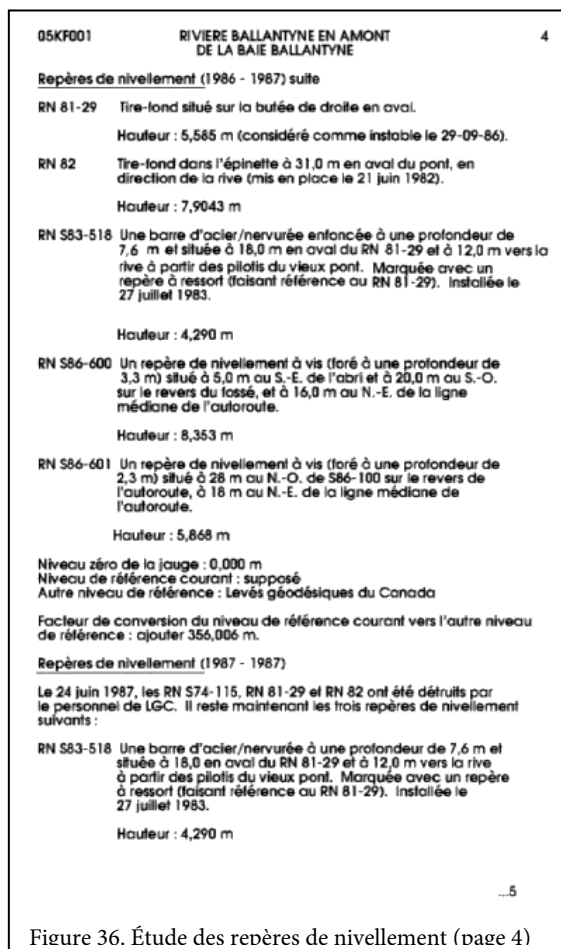


Figure 36. Étude des repères de nivellement (page 4)

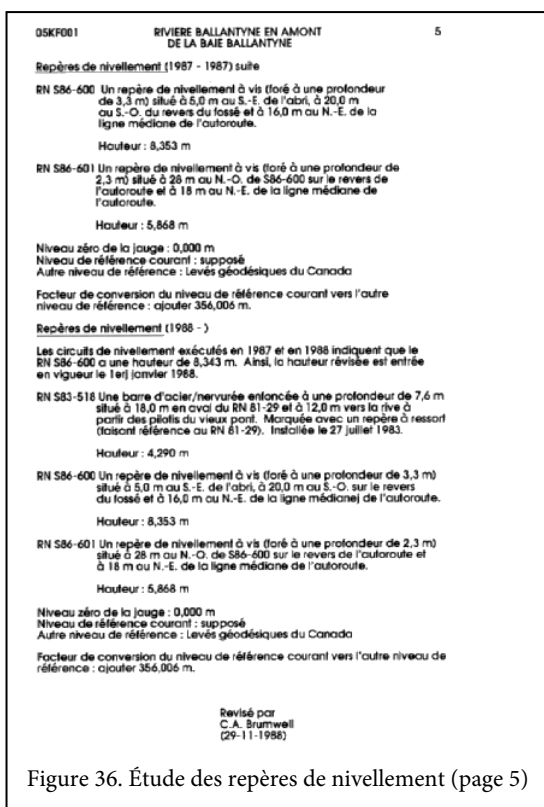


Figure 36. Étude des repères de nivellement (page 5)

11.0 EXERCICES SUR LE TERRAIN

11.1 VÉRIFICATION ET RÉGLAGE DES INSTRUMENTS

PARTIE A

L'instructeur doit faire la démonstration des procédures d'essai et de réglage d'un niveau Wild N2 (en s'assurant d'expliquer chaque étape).

Les essais et les réglages du modèle à image renversée comprennent ce qui suit :

- réglages du trépied
- essai et réglage du parallaxe
- essai et réglage des vis de mise de niveau
- essai et réglage de la nivelle sphérique
- erreur d'inclinaison
 - a. lunette rotative
 - b. procédure de réglage de la nivelle à coïncidence
- essai et réglage de l'erreur transversale
- essai de synchronisation du prisme de la nivelle torique.

Dans le cas du modèle à image directe, les essais et les réglages comprennent ce qui suit :

- réglages du trépied
- essai et réglage du parallaxe
- essai et réglage de la nivelle sphérique
- essai et réglage de collimation verticale
- essai de synchronisation du prisme de la nivelle torique.

PARTIE B

Les participants doivent effectuer les essais et les réglages décrits ci-dessus sur un niveau Wild N2.

PARTIE C

Avec l'assistance du formateur, chaque participant doit effectuer les essais et les réglages de l'instrument lui étant attribué si celui-ci n'est pas un niveau Wild N2.

PARTIE D

Avec l'assistance du formateur, les participants doivent effectuer les essais d'un niveau autoréglable.

NOTA — UN ESSAI À DEUX PIQUETS DE TOUS LES INSTRUMENTS VÉRIFIÉS DOIT ÊTRE EFFECTUÉ. DES ESSAIS SUPPLÉMENTAIRES DOIVENT ÊTRE EFFECTUÉS SI L'INSTRUMENT A ÉTÉ AJUSTÉ AFIN DE S'ASSURER QU'IL FONCTIONNE CONVENABLEMENT.

12.0 SOMMAIRE

Le travail sur le terrain a une importance primordiale pour tous les levés hydrométriques. Le nivellement constitue la base de la stabilité du niveau de référence et de la détermination de la hauteur de la surface de l'eau.

Durant le travail sur le terrain, il convient de respecter un calendrier des soins et de l'entretien des instruments. Les techniciens sont responsables de tout le matériel leur étant attribué. Ils sont également tenus d'établir et de maintenir un niveau élevé de compétence et de soin durant leur travail.

L'effet des erreurs d'instrument peut être éliminé en grande partie grâce à des méthodes adéquates de travail sur le terrain. Un instrument bien ajusté augmente considérablement la précision du travail sur le terrain. Le réglage des instruments n'est ni difficile, ni laborieux, et doit être effectué à chaque printemps ou à chaque fois que l'instrument a fait l'objet d'un usage rude.

LE CIRCUIT DE NIVELLEMENT DOIT TOUJOURS ÊTRE FERMÉ même si le travail nécessite des vérifications de jauge, des liaisons de repères de nivellement, des mesures directes de la hauteur de l'eau ou des procédures de nivellement différentiel ou réciproque.

On n'insistera jamais assez sur l'importance d'une documentation appropriée. Quels que soient la compétence du technicien, le soin qu'il porte à son travail et la précision de l'instrument qu'il utilise, une mauvaise ou une incomplète prise de notes peut invalider le travail accompli sur le terrain. En fait, plusieurs années de révision de données ont été nécessaires à cause d'une documentation négligée. Toutefois, ce problème n'est pas insurmontable. En général, avec l'attention, l'expérience et la compétence, un technicien peut obtenir des données de nivellement fidèles et précises.

13.0 BIBLIOGRAPHIE

Breed, C.B., et G.L. Hosmer. (1970). The Principles and Practices of Surveying, Vol. 1, Elementary Surveying. 10e édition révisée par A.J. Bone, John Wiley and Sons, Inc., New York.

Davis, R.E., F.S. Foote, et J.W. Kelly. (1966). Surveying Theory and Practice. 5e édition, McGraw-Hill, New York.

Ministère des Pêches et Océans. (1983). Canadian Tidal Manual. Ottawa.

Kissam, Philip. (1956). Surveying Instruments and Methods for Surveys of Limited Extent. 2e édition, McGraw-Hill, New York.

Terzi, R.A. (1984). Manuel pratique de levés hydrométriques : Nivellement. Environnement Canada, Direction générale des eaux, Ottawa.



Environment
Canada

Environnement
Canada

RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

Cours n° 8 — Calculs de niveau

W.H. Young
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
75 rue Farquhar
Guelph (Ontario)
Canada N1H 3N4

Droits d'auteur © 1999. Tous droits réservés.

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	OBJET ET CONTEXTE	1
2.0	OBJECTIFS	2
2.0	OBJECTIFS	2
3.0	INTRODUCTION	3
3.0	INTRODUCTION	3
4.0	ÉTUDE DE LA JAUGE	5
5.0	RECTIFICATIONS DE LA JAUGE.....	6
6.0	MÉTHODES DE CALCUL DU NIVEAU	8
6.1	PROCÉDURES GÉNÉRALES.....	8
6.2	JAUGES MANUELLES.....	8
6.3	JAUGES ENREGISTREUSES.....	9
7.0	SYMBOLES ET NOTES EN BAS DE PAGE	13
8.0	SOMMAIRE.....	16
9.0	MANUELS ET RÉFÉRENCES	17
9.1	MANUELS DE BUREAU	17
9.2	RÉFÉRENCES.....	17

1.0 OBJET ET CONTEXTE

Le présent cours fait partie du programme d'instruction des nouveaux techniciens en hydrométrie, et est conçu pour être présenté au nouveau personnel tôt dans leurs carrières. Ces renseignements constituent l'une des étapes principales de la collecte des données hydrométriques et du processus de calcul.

Les méthodes de calcul utilisées dans le présent cours reposent sur des procédures de calcul manuel. La compréhension des méthodes de calcul utilisées dans les procédures automatisées peut être facilitée par une bonne connaissance des procédures de calcul manuel. Les procédures de calcul automatisé de l'écoulement fluvial seront décrites dans un cours distinct.

2.0 OBJECTIFS

Le présent cours décrit les procédures manuelles utilisées par les techniciens de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* pour le calcul des niveaux quotidiens des stations de jaugeage hydrométrique. Ces procédures s'appliquent aux stations comportant une jauge manuelle et à celles qui possèdent un limnigraphe enregistreur produisant un tracé continu de la hauteur de l'eau (sur papier diagramme). Le technicien doit être en mesure d'effectuer ces calculs pour les stations où seul un limnigramme est requis et celles dont les limnigrammes servent à calculer les débits quotidiens.

En particulier, les procédures suivantes seront décrites en détail :

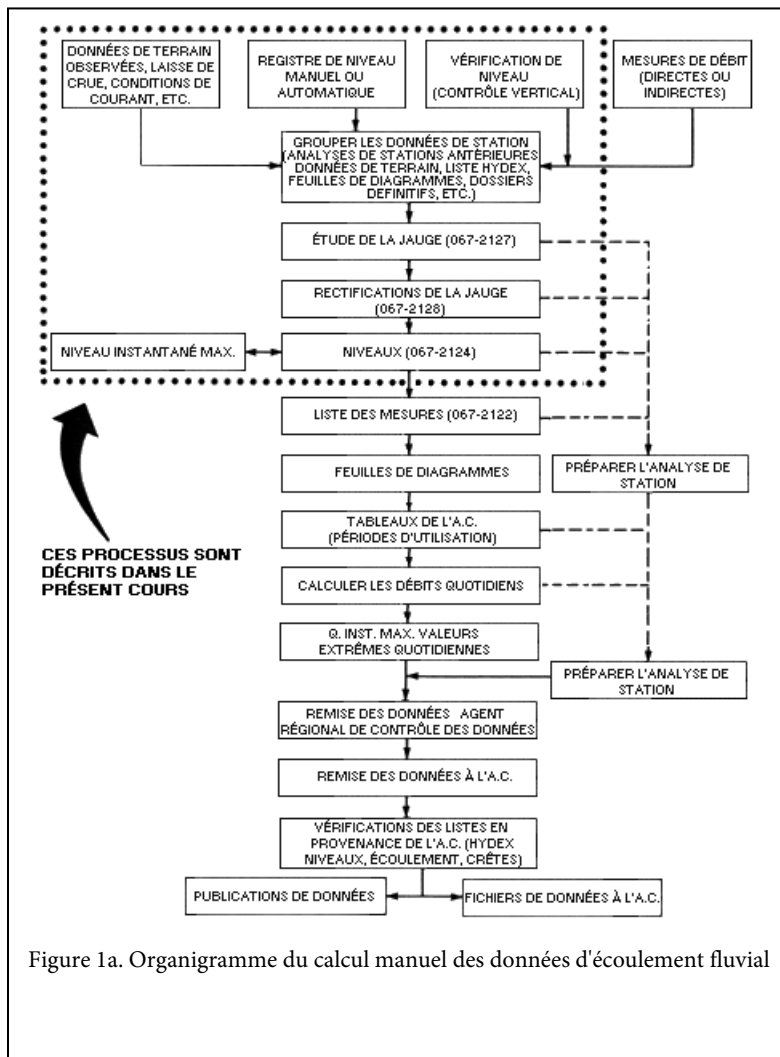
- le calcul des niveaux de l'eau quotidiens à partir d'un registre de l'observateur, y compris un tracé des lectures de jauge;
- le calcul du niveau de l'eau à partir de papier-diagramme;
- l'inscription d'observations sur le papier-diagramme;
- l'application des rectifications de temps, de la plume et d'inversion;
- l'application des jours subdivisés; et
- la détermination des niveaux extrêmes (maximum et minimum)

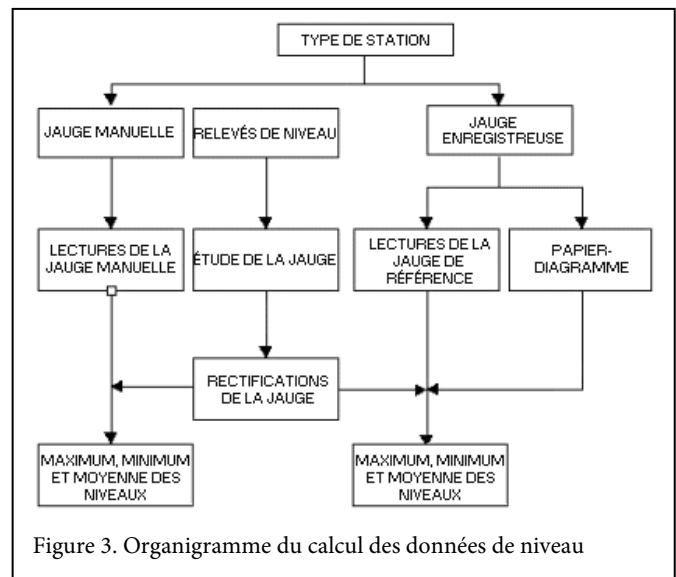
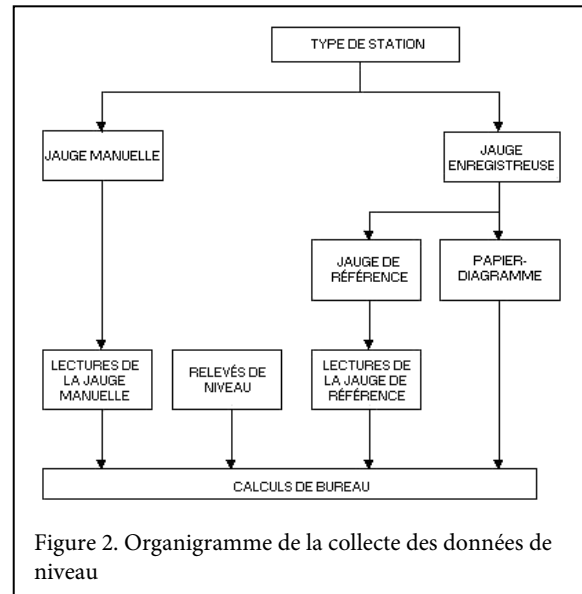
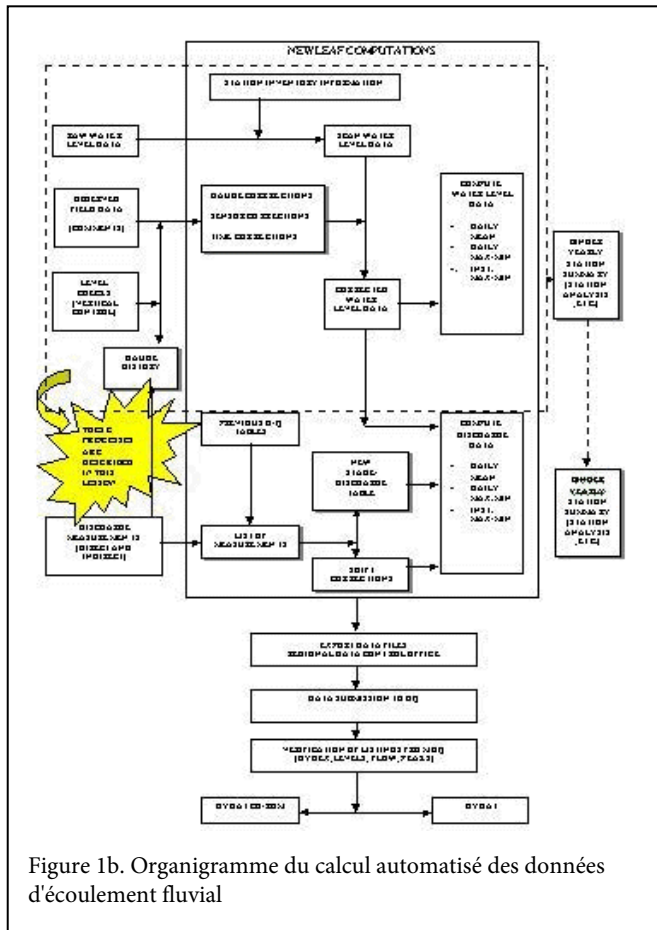
3.0 INTRODUCTION

Les calculs de bureau des données de relevés hydrométriques reposent sur les notes et les registres effectués sur le terrain. Pour cette raison, lorsque des registres de terrain sont extraits des fichiers en vue d'effectuer des calculs, il faut s'assurer que toutes les rectifications ou explications nécessaires sont effectuées de façon à conserver les données originales.

Il est **essentiel** que toutes les données soient identifiées à toutes les étapes du processus du calcul. Ainsi, les renseignements suivants doivent être inscrits sur chaque formulaire utilisé durant le calcul $\Rightarrow$ le nom officiel de la station de jaugeage, le numéro de la station, la période pour laquelle les données sont calculées et, selon le cas, la zone de drainage. Tous les calculs et toutes les tabulations doivent être vérifiés avant de les remettre en vue de leur publication.

Le calcul des niveaux quotidiens représente une étape dans le processus de collecte et de calcul des données hydrométriques, tel que l'illustrent les figures 1 à 3.





4.0 ÉTUDE DE LA JAUGE

Le formulaire d'étude de la jauge (067-2127) documente l'historique de toutes les rectifications de la jauge et des repères de nivellement d'une station hydrométrique. Ce formulaire contient la liste complète des descriptions et des hauteurs de repères de nivellement, ainsi que le niveau de référence de la jauge. Il est mis à jour de façon continue et est conservé dans le fichier des travaux en cours. Les renseignements de ce formulaire servent au calcul des niveaux quotidiens et à la détection des repères de nivellement instables. Ce formulaire est illustré à la figure 4.

Le formulaire d'étude de la jauge doit être rempli de la façon suivante :

1. Décrivez le type et l'emplacement des repères de nivellement existants et, si disponible, la date de leur installation. Inscrivez la hauteur de chaque repère de nivellement et indiquez si celui-ci se rapporte à un niveau de référence supposé ou standard. Dans le cas des repères de nivellement de Levés géodésiques du Canada, indiquez le numéro du repère de nivellement, le numéro de publication et l'année de l'édition où la hauteur a été obtenue.
2. Inscrivez la hauteur du niveau de référence de la jauge.
3. En cas de changement de la hauteur d'un repère de nivellement ou du niveau de référence de la jauge, expliquez les raisons du changement au bas du formulaire. Débutez un nouveau formulaire avec les inscriptions appropriées.
4. Inscrivez les résultats de toutes les vérifications de niveau effectuées sur toutes les jauges de la station durant la période de calcul; dans la colonne « remarques », indiquez si la jauge a été remise à zéro, allongée, détruite, endommagée, etc.
5. Décrivez tout changement de l'emplacement des jauges et expliquez tout changement majeur du matériel de la station de jaugeage.
6. Continuez à utiliser la même feuille d'une année à l'autre s'il y a suffisamment d'espace pour expliquer les faits clairement.

[illegible]

5.0 RECTIFICATIONS DE LA JAUGE

Une rectification de la jauge est une correction devant être appliquée à l'observation ou à la lecture de la jauge, de façon à obtenir le niveau exact. Le technicien doit déterminer les rectifications de la jauge s'appliquant à la station hydrométrique en nivelant la ou les jauge(s) plusieurs fois durant l'année. Les rectifications de la jauge doivent être inscrites sur le formulaire d'étude de la jauge et sur le formulaire des rectifications de la jauge (067-2128, figure 5). Pour obtenir les niveaux corrigés, les rectifications doivent être appliquées aux lectures ou observations de la jauge.

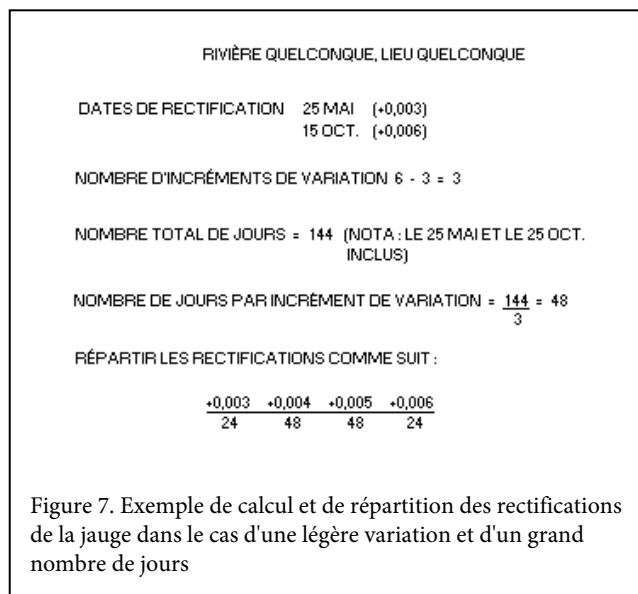
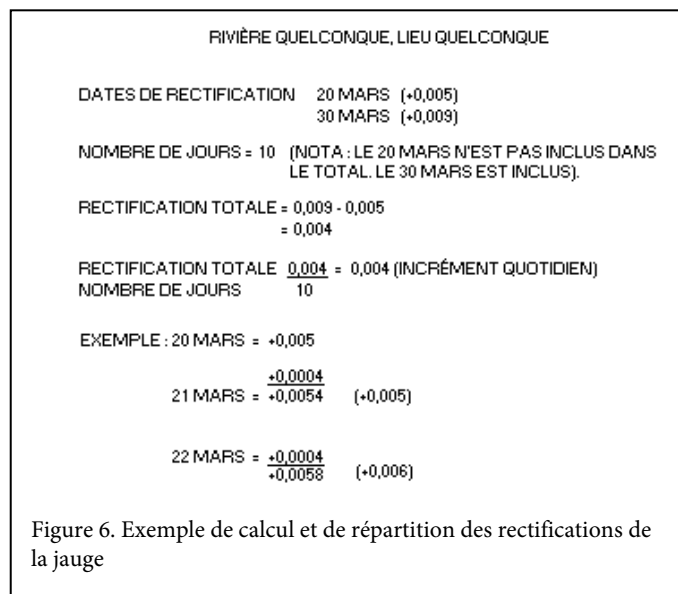
Remplissez le formulaire des rectifications de la jauge et répartissez les rectifications de la façon suivante :

- Sur le formulaire 067-2128, inscrivez les rectifications de la jauge indiquées dans le formulaire d'étude de la jauge 067-2127 pour l'année où les registres sont établis. Encerclez ces rectifications. Inscrivez la dernière rectification avant le début de l'année et la première rectification après la fin de l'année. Il est possible que cette procédure ne s'applique pas aux données recueillies durant une partie de l'année, car dans ce cas, la première rectification de jauge après la fin de l'année n'est pas disponible avant le printemps suivant.
- Si la date du changement est inconnue, supposez que le changement a été uniforme. Répartissez ensuite la rectification en utilisant l'une des deux méthodes suivantes :
 - i. Divisez la variation de la rectification par le nombre de jours, de façon à déterminer la « variation quotidienne ». Les rectifications doivent toujours être arrondies à 1 millième de mètre près. Par exemple, supposons que la rectification soit de +0,005 le 20 mars et de +0,009 le 30 mars. Pour déterminer la variation de la rectification, soustrayez +0,005 de +0,009. On obtient +0,004. Ensuite, pour obtenir la « variation quotidienne », divisez 0,004 par 10 (le nombre de jours entre le 20 et 30 mars). On obtient une variation quotidienne de 0,0004. Les détails de cet exemple sont illustrés à la figure 6.
 - ii. Lorsque la variation est faible et que le nombre de jours est élevé, suivez la méthode suivante. Divisez le nombre de jours par la variation de la rectification. Supposons que la rectification est de +0,003 le 25 mai et de +0,006 le 15 octobre. En divisant la période de 144 jours par 3, on obtient 3 intervalles de 48 jours chacun. Aucune variation de la rectification ne doit être appliquée durant la moitié du premier intervalle de 24 jours; la rectification de +0,003 doit être appliquée durant chacun des deux prochains intervalles de 48 jours (une rectification de +0,004 du 18 juin au 4 août et de +0,005 du 5 août au 21 septembre). La variation restante de 0,001 doit être appliquée durant

Figure 5. Exemple de formulaire des rectifications de la jauge (067-2128)

la moitié de l'intervalle restant (la rectification finale de +0,006 doit être appliquée du 22 septembre au 15 octobre). Les détails de cet exemple sont illustrés à la figure 7.

- Préparez la feuille des rectifications de la jauge jusqu'à la date de la première vérification de niveau de l'année suivante.



6.0 MÉTHODES DE CALCUL DU NIVEAU

La présente section décrit les procédures de calcul des données de niveau de rivière, de lac ou de réservoir. Elle inclut une référence aux procédures automatisées, mais met l'accent sur les calculs manuels. Cette section décrit également les procédures particulières du calcul des niveaux quotidiens s'appliquant aux jauges manuelles et enregistreuses.

6.1 PROCÉDURES GÉNÉRALES

1. Préparez le formulaire d'étude de la jauge 067-2127 à partir des relevés de niveau originaux et des rapports de terrain.
2. Préparez le formulaire des rectifications de la jauge 067-2128 à partir du formulaire d'étude de la jauge 067-2127 et des relevés de niveau originaux. Ces données peuvent également devoir être introduites dans les logiciels « STREAM » ou « MANUAL ».
3. Établissez le registre des niveaux quotidiens et tracez le limnigramme. Déterminez le niveau d'eau quotidien maximum et minimum, ainsi que le niveau d'eau instantané maximum pour l'année. Inscrivez ces nombres sur le formulaire 067-2121.

Numérisez les papiers-diagrammes afin d'en introduire les données dans le logiciel « STREAM », ou perforez les lectures de jauge manuelle pour les introduire dans le logiciel « MANUAL ». Vérifiez les imprimés et le limnigramme produits par l'ordinateur.

4. Inscrivez le niveau d'eau instantané maximum pour l'année sur le formulaire 067-2081.
5. Si le registre des niveaux d'eau quotidiens est incomplet pour l'année ou pour la période standard, indiquez sur le formulaire 067-2080 s'il existe un niveau d'eau maximum annuel et/ou minimum quotidien valable.
6. Passez en revue les données antérieures et effectuez les révisions nécessaires (voir la section 9.2 du manuel Hydrometric Data Review Procedures, 5^e édition).
7. Remettez les données à Ottawa en vue de leur publication.
8. Vérifiez les données sur les imprimés provenant d'Ottawa.
9. Remplissez le formulaire d'analyse de station 067-2130.

6.2 JAUGES MANUELLES

1. Transférez dans le livre de l'observateur toutes les données pertinentes de niveau d'eau observées n'y étant pas déjà inscrites. Indiquez la source de ces données. S'il existe une raison particulière pour laquelle certaines observations ne doivent pas être utilisées dans le calcul des niveaux moyens quotidiens, expliquez-les dans le livre de l'observateur et sur le formulaire d'analyse de station 067-2130.
2. Déterminez les observations de niveau quotidien à utiliser et appliquez les rectifications de jauge appropriées aux observations moyennes. Inscrivez les niveaux moyens quotidiens résultants sur le formulaire 067-2121 ou 067-2124. En cas d'augmentation ou de diminution rapide du niveau, une plus grande précision du niveau quotidien peut être obtenue en traçant les observations de jauge sur un

diagramme. Lorsque plus de deux observations sont effectuées durant un même jour et qu'un diagramme n'est pas tracé, considérez la possibilité de les pondérer plutôt que d'en calculer la moyenne.

3. Si la moyenne est calculée à partir de plus d'une observation, inscrivez cette moyenne dans le livre de l'observateur. Si la moyenne est obtenue à partir d'un diagramme, inscrivez la moyenne et une note explicative.
4. Au besoin, suivez les règles de subdivision énumérées à la [section 6.3](#).
5. Inscrivez le niveau d'eau instantané maximum pour l'année dans l'espace approprié du formulaire 067-2121, 067-2124 ou 067-2131. Inscrivez la date et la façon dont le niveau a été obtenu (*exemples* : « à partir de la laisse de crue », « évalué à partir du diagramme », ou « observation de crête »). Rayez le mot « quotidien ». Lorsqu'une valeur extrême résulte d'une condition inhabituelle comme un embâcle, une pluie très forte, une manipulation de hausse, etc., inscrivez une remarque en ce sens. Si le niveau instantané maximum pour l'année est inconnu, inscrivez « inconnu » ou rayez le mot « instantané ». Inscrivez ensuite le niveau moyen quotidien maximum et minimum pour l'année.
6. Ne pas inscrire les niveaux extrêmes dans le cas de canaux.
7. Utilisez des symboles en cas de besoin (voir la [section 7.0](#)).

6.3 JAUGES ENREGISTREUSES

1. Une jauge enregistreuse est normalement associée à une jauge de référence.
Pour effectuer un bon travail de terrain, les renseignements ci-dessous doivent être inscrits sur le papier-diagramme au moment où celui-ci est enlevé de l'enregistreur :
 - i. le nom de la station de jaugeage,
 - ii. l'échelle du diagramme,
 - iii. l'heure et la date du début et de la fin du tracé, les observations de jauge effectuées à ces dates et une indication de toute remise à zéro effectuée entre les dates limites. Le technicien doit inscrire ces données sur le tracé si l'agent en territoire les a omises.
2. Pour déterminer la correction de temps totale devant être appliquée, contrôlez l'heure inscrite au début et à la fin du tracé, ainsi que durant les jours intermédiaires. Après avoir inspecté le tracé avec soin afin de s'assurer que toute différence entre l'heure du tracé et l'heure réelle n'est pas causée par une remise à zéro, un arrêt, etc., indiquez la rectification de temps totale à la fin du tracé. *Par exemple*, inscrivez « T = 3 h en avance », ou « T = 1 h en retard - utilisation satisfaisante », etc. La rectification de temps peut être omise si l'erreur totale durant une période d'environ 1 mois est inférieure à 2 divisions de l'échelle de temps. La rectification de temps totale doit être répartie conformément à l'une des méthodes décrites à la [section 5.2](#) relativement à la répartition des rectifications de la jauge. La répartition des rectifications de temps doit être effectuée uniquement à une division près. Ainsi, si l'heure d'un tracé d'échelle 60 mm = 1 jour, était satisfaisante le 1^{er} juin et en avance de 3 h le 13 juin, alors 3 de ces jours (les 3, 7 et 11 juin) doivent être allongés de 1 h (soit 1 division). Ces 3 jours auront donc 25 h, et tous les autres 24. Indiquez l'heure corrigée de minuit par une ligne verticale interrompue sur la ligne du diagramme. Inscrivez les dates sur les lignes de midi appropriées dans la marge supérieure ou inférieure du tracé.

3. La plume de l'enregistreur est normalement réglée de façon à obtenir une lecture identique à celle de la jauge intérieure. Si cette dernière n'est pas utilisée, la jauge de référence utilisée doit être indiquée au début du tracé et sur le formulaire d'analyse de station 067-2130. Examinez les observations spécifiées pour la jauge de référence et pour la plume au début, aux points intermédiaires et à la fin du tracé. Déterminez la rectification de plume à appliquer. Inscrivez la rectification de plume totale au début du tracé et à chaque fois qu'une remise à zéro a été effectuée. Répartissez la rectification de plume totale conformément à l'une des méthodes décrites à la section 5.0 relativement à la distribution des rectifications de la jauge.
4. Examinez le tracé pour déterminer si une inversion a eu lieu. Si c'est le cas, identifiez le point d'inversion à l'aide de l'abréviation « Rev. ». Ensuite, inscrivez la valeur de la rectification à appliquer lorsque le point d'inversion ne coïncide pas avec la partie supérieure ou inférieure du tracé.
5. Lorsque la ligne de tracé est manquante pour une partie d'une journée, elle peut être estimée et tracée sur le diagramme sous forme de ligne interrompue. Cette ligne doit être utilisée pour l'évaluation de la hauteur moyenne quotidienne. Si la ligne du tracé est manquante pour un jour ou plus, le niveau moyen quotidien peut être calculé à l'aide des observations de jauge de référence disponibles. Dans un cas ou dans l'autre, les valeurs moyennes quotidiennes résultantes doivent être identifiées par le symbole « A ».
6. En inscrivant des notes ou des rectifications sur le tracé ou en interpolant des données manquantes, assurez-vous de conserver le registre original. Ne rien inscrire sur le registre original tracé à la plume ou au crayon.
7. Les observations moyennes quotidiennes doivent être calculées à l'aide de l'une des méthodes suivantes :
 - i. Équilibrez les surfaces de chaque côté de la valeur moyenne à l'aide d'une règle ou d'un « scanner ». *Un « scanner » est un instrument rectangulaire en plastique transparent d'environ 3 cm x 15 cm x 2 mm. Il possède une ligne longitudinale très fine coupant un trou sur le côté arrière. Ce trou, situé au point central du « scanner », est conçu pour l'insertion de la pointe d'un crayon.*
 - ii. Pour le calcul de la moyenne quotidienne, divisez la journée en deux ou quatre parties égales, déterminez la moyenne pour chaque partie, puis faites la moyenne de ces valeurs. Supposons *par exemple* que la journée est divisée en quatre parties égales de 6 h chacune. Indiquez l'observation moyenne correspondant à la première période de 6 h par un point sur la ligne bissectrice (dans notre cas, la ligne 03:00). Indiquez la moyenne de la deuxième période de 6 h à l'aide d'un point sur la ligne bissectrice (la ligne 09:00). Tracez une ligne entre le point de la ligne 03:00 et celui de la ligne 09:00. Le point où cette ligne croise la ligne 06:00 constitue l'observation moyenne pour les douze premières heures de la journée. Répétez cette procédure pour les douze dernières heures de la journée. Ensuite, reliez les deux moyennes de 12 h par une ligne droite. Le point où cette ligne croise la ligne de midi constitue l'observation moyenne pour la journée entière.
8. Les observations moyennes quotidiennes doivent être calculées en appliquant les corrections appropriées de plume et d'inversion (selon le cas). Durant le calcul des observations moyennes quotidiennes, les corrections individuelles s'appliquant à chaque valeur moyenne quotidienne observée doivent être indiquées séparément. Elles ne doivent pas être inscrites sous la forme d'une rectification nette.
 - i. Calculez les hauteurs moyennes quotidiennes en appliquant aux observations moyennes quotidiennes les corrections de jauge appropriées correspondant à la jauge de référence à laquelle le tracé se rapporte. Inscrivez les niveaux sur le formulaire 067-2121 ou 067-2124. Cette procédure peut être remise à la fin de l'année, lorsque les rectifications de jauge s'appliquant à cette année ont été déterminées. L'application de la rectification de la jauge peut être inscrite ou non sur le

papier–diagramme. Si des rectifications de la jauge sont appliquées sur le tracé, l'abréviation « GC » doit être inscrite après chaque rectification de la jauge.

9. Normalement, le technicien se sert du niveau moyen quotidien pour calculer le débit moyen quotidien. Toutefois, le débit moyen quotidien calculé directement à partir du niveau moyen quotidien peut être erroné pour plusieurs raisons, y compris :
 - i. vitesse de variation du niveau
 - ii. niveau relatif de la rivière (élevé ou bas)
 - iii. aspect du limnigramme pour la journée
 - iv. fraction du temps durant lequel le niveau est relativement élevé ou bas
 - v. courbure relative de la courbe niveau–débit dans la plage de niveau enregistrée dans la journée.
10. Pour obtenir une évaluation plus précise du débit quotidien, utilisez la procédure suivante : subdivisez la journée en deux parties ou plus, déterminez le niveau moyen correspondant à chaque partie, puis calculez le débit pour chaque niveau moyen. À partir de ces résultats, calculez le débit moyen pondéré de la journée. Si le débit moyen pondéré résultant diffère de celui qui a été déterminé à l'aide du niveau moyen par plus qu'une limite admissible choisie, *par exemple* 2 % pour les débits dépassant 0,3 m³/s (ou une valeur constante de 0,005 m³/s pour les débits inférieurs à 0,3 m³/s), il est alors nécessaire d'effectuer une subdivision dans toutes les conditions similaires. Un tableau de plage admissible peut être utilisé pour déterminer la nécessité de subdiviser.

Ce tableau doit être préparé en employant **la méthode empirique suivante** :

- i. Dans le tableau niveau–débit, choisissez une plage de niveau correspondant à un écoulement moyen; de 3,0 m à 4,0 m, *par exemple*.

À un niveau de 3,0 m,	le débit est de 186 m ³ /s
À un niveau de 4,0 m,	le débit est de 339 m ³ /s
Le débit <i>moyen</i> égale 262 m ³ /s.	

- ii. Toutefois, le débit correspondant à un niveau moyen de 3,5 m est 252 m³/s, ce qui représente une différence de 4 % ($10 \div 262 \times 100$), une valeur qui n'est pas admissible.
- iii. Choisissez une plage plus étroite, de 3,0 m à 3,4 m. On obtient une différence de 1 %, ce qui est trop faible. Cependant, une plage de 3,0 à 3,6 donne 2 %.
- iv. Essayons maintenant une plage de 4,0 à 4,6. On obtient une différence de 1 %, ce qui est trop faible. Pour une plage de 4,0 à 5,0, on obtient une différence de 3 %. Par conséquent, une plage admissible de 0,8 m semble convenir.
- v. La plage de 6,5 à 7,5 donne une différence de 2 %.
- vi. Après plusieurs essais, un tableau approximatif de plage admissible peut être préparé.
- vii. En cas de doute, subdivisez.

11. Indiquez sur le tracé l'observation de jauge instantanée maximale pour l'année.
12. Si la période utilisable du registre et la période englobée par le tracé ne sont pas identiques, la période utilisable du registre doit être indiquée au début du tracé. Inscrivez une note expliquant pourquoi le reste du tracé ne doit pas être utilisé. Ne pas détruire le tracé. Même si la totalité du tracé est considérée comme peu fiable, sa présence dans les dossiers montre qu'un registre utile n'a pas été obtenu à partir d'une jauge enregistreuse pour la période en question.

7.0 SYMBOLES ET NOTES EN BAS DE PAGE

La *Division des relevés hydrologiques du Canada* utilise des symboles et des notes en bas de page normalisés dans ses publications. Ces symboles standard sont inscrits en face du niveau moyen quotidien et/ou du débit moyen quotidien. Les notes en bas de page servent également à expliquer les symboles. Les symboles ne figurent pas en face des débits moyens mensuels et annuels.

La présente section décrit les symboles et les notes en bas de page normalisés et explique leur utilisation.

- « A » – jauge manuelle

Le symbole « A » est utilisé durant les périodes d'eau libre afin d'identifier le recours à une ou plusieurs observations de jauge manuelle. Ces observations de jauge manuelle permettent d'évaluer le niveau quotidien à une station où l'enregistreur de niveau d'eau est temporairement hors service. Le symbole doit être inscrit à droite du débit quotidien. Si aucune donnée de débit n'est indiquée, inscrivez le symbole à droite du niveau quotidien. Utilisez le symbole « A » dans les cas où le tracé est disponible uniquement pour une partie d'une journée. Durant l'année où un enregistreur est installé, utilisez le symbole « A » à tous les jours précédant les registres de tracé afin d'identifier les lectures de jauge manuelle.

Le technicien doit faire suivre ce symbole d'une référence appropriée dans une note en bas de page (exemple : A – jauge manuelle). Ne pas inscrire ce symbole dans un sommaire de données mensuel ou annuel, sauf dans le cas des valeurs extrêmes pour le sommaire annuel. Ne pas utiliser ce symbole durant les périodes de gel. Si la jauge enregistreuse n'était pas en service durant les périodes hivernales, une note en bas de page est requise.

Les symboles « B » et « E » ont priorité sur le symbole « A ».

- « B » – conditions de gel

Le symbole « B » sert à indiquer que des conditions de gel en vigueur dans la rivière ont modifié le rapport niveau-débit d'eau libre. Inscrivez ce symbole à droite du débit quotidien. Le symbole doit être accompagné d'une référence appropriée dans une note en bas de page (exemple : B – conditions de gel). Ne pas utiliser ce symbole pour les données de niveau d'eau. Toutefois, si certaines stations l'exigent, rédigez une explication appropriée sur le formulaire d'analyse de station 067-2130. Ne pas inscrire ce symbole dans un sommaire de données mensuel ou annuel, sauf dans le cas de valeurs extrêmes dans le sommaire annuel.

Le symbole « B » a priorité sur les symboles « A » et « E ».

- « D » – tarissement

Le symbole « D » sert à indiquer que la rivière ou le lac est « sec » ou qu'il n'y a pas d'eau au niveau de la jauge. Ce symbole est utilisé comme correction de mise à jour dans le logiciel « MANUAL » ou comme entrée dans le fichier « LEVELS ». Le mot « DRY » (tarissement) figure dans la colonne du niveau, sans note en bas de page.

- « E » – estimation

Le symbole « E » doit être utilisé lorsque le débit en période d'eau libre a été déterminé par une méthode indirecte telle que l'interpolation, la prolongation importante de crue, la comparaison avec d'autres cours d'eau, ou par corrélation avec des données météorologiques. La méthode d'estimation peut, au choix, être

inscrite dans une note en bas de page appropriée. Ce symbole doit être écrit à droite du débit quotidien ou du niveau d'eau quotidien. Il doit être accompagné d'une référence appropriée dans une note en bas de page (exemple : E – estimation).

Ne pas utiliser ce symbole durant les périodes de gel. Ne pas inscrire ce symbole dans un sommaire de données mensuel ou annuel, sauf, au besoin, dans le cas de valeurs extrêmes dans le sommaire annuel.

Le symbole « E » a priorité sur le symbole « A ».

- Lorsque les symboles « A », « B » ou « E » s'appliquent, un symbole pour chaque jour ou une référence dans une note en bas de page doit être inscrite. Inscrivez un symbole pour chaque jour si le symbole s'applique à plus de deux périodes. Si ce n'est pas le cas, rédigez uniquement une référence dans une note en bas de page.

La liste imprimée des fichiers « FLOW » ou « LEVELS », ou les applications du numériseur et les logiciels connexes indiquent un symbole pour chaque jour dans les cas appropriés, quelle que soit la durée.

Voici quelques exemples de notes en bas de page sans symbole :

« Jauge manuelle, 20 mai au 20 juillet et 21 au 23 août. »
« Conditions de gel, 1^{er} janvier au 10 avril et 27 octobre au 31 décembre. »
« Estimation, 1^{er} au 29 juin. »

- « V » – subdivision

Ce symbole doit être utilisé lorsque le registre des niveaux quotidiens est subdivisé en deux périodes ou plus pour le calcul du débit quotidien. Inscrivez ce symbole dans la colonne du niveau et omettez le niveau moyen quotidien pour cette journée. Toutefois, si un niveau d'eau quotidien est nécessaire pour le calcul des moyennes mensuelles du niveau d'eau, il doit être calculé à partir du registre de niveau d'eau continu et non du débit quotidien. Dans ce cas, inscrivez le symbole « V » à droite du niveau d'eau quotidien. Ce symbole doit être accompagné d'une référence appropriée dans une note en bas de page (exemple : V – subdivision).

Il est à noter — ce symbole ne figure pas dans les publications.

- Lorsqu'une partie d'un registre d'écoulement fluvial ou de niveau d'eau a été préparée à l'aide de méthodes informatiques, inscrivez la note en bas de page suivante et les dates appropriées sur le formulaire d'analyse de station 067-2130.

« Les données du ... au ... ont été traitées par numériseur et par méthodes informatiques. »

- En résumé, bien que les symboles « A », « B », « D », « E » ou « V » doivent être utilisés, seuls les symboles « A », « B » ou « E » doivent être accompagnés d'une note en bas de page dans les publications de données ou sur les imprimés. Les notes explicatives en bas de page peuvent être utilisées pour expliquer les situations suivantes : le symbole s'applique à une ou deux périodes; la jauge enregistreuse n'était pas en service durant la totalité ou une partie de la période hivernale; un diagramme de niveau a été utilisé durant une certaine période.

Voici quelques exemples de notes en bas de page :

« La jauge enregistreuse était hors service durant les périodes de gel. »

« La jauge enregistreuse était hors service du 1^{er} janvier au 5 mars et du 15 novembre au 31 décembre. »

« La jauge enregistreuse était continuellement hors service durant les périodes de gel. »

« Niveaux provenant d'un diagramme ou de lectures observées, du 20 mai au 10 juin. »

- Les imprimés des débits et des niveaux quotidiens comportent un symbole pour chaque jour, dans les cas pertinents.

8.0 SOMMAIRE

Ce cours a présenté le concept de calcul manuel du niveau quotidien. Les procédures utilisées pour le calcul des niveaux, dans le cas de jauges manuelles et enregistreuses, ont été expliquées en détail. Ces procédures comprennent le calcul des niveaux d'eau quotidiens à partir du registre de l'observateur et l'élaboration de registres de niveau d'eau à partir du papier-diagramme.

Le technicien devrait maintenant être en mesure de calculer les niveaux quotidiens : pour les stations où seul un registre du niveau d'eau est requis, et pour les stations où les registres du niveau d'eau servent à calculer les débits quotidiens.

9.0 MANUELS ET RÉFÉRENCES

9.1 MANUELS DE BUREAU

Environnement Canada. (1980). Manual of Hydrometric Data Computation and Publication Procedures, 5^e édition, Direction générale des eaux intérieures, Direction des ressources en eau, Ottawa, 51 p.

9.2 RÉFÉRENCES

La présente leçon fait référence aux formulaires suivants du Ministère :

067-2121M	(R43)	Niveaux quotidiens
067-2124M	(R79)	Débits quotidiens
067-2127	(R237)	Étude de la jauge
067-2128	(R238A)	Rectifications de la jauge
067-2130	(R242)	Analyse de station
067-2131	(R243)	Niveau et capacité



RELEVÉS HYDROLOGIQUES DU CANADA

PROGRAMME DE PERFECTIONNEMENT DE CARRIÈRE DU TECHNICIEN EN HYDROMÉTRIE

Cours n° 9 — Calculs de capacité de réservoir

M.O. Spitzer
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
854 200-4e Avenue, S.E.
Calgary (Alberta)
Canada T2G 4X3

R.H. Herrington
Relevés hydrologiques du Canada
Environnement Canada
2365 rue Albert
Regina (Saskatchewan)
Canada S4P 4K1

Droits d'auteur © 1999. Tous droits réservés.

Also available in English

TABLE DES MATIÈRES

1.0	OBJET ET CONTEXTE	1
2.0	OBJECTIFS	2
3.0	LEVÉS DE RÉSERVOIR	3
3.1	LEVÉS AVANT LA CONSTRUCTION.....	3
3.2	LEVÉS APRÈS LA CONSTRUCTION	3
3.2.1	<i>Levés de petits réservoirs</i>	4
3.2.2	<i>Levés de grands réservoirs</i>	5
4.0	MÉTHODE DE CALCUL D'UN TABLEAU DE NIVEAU-CAPACITÉ	6
5.0	APPLICATION	9
6.0	SOMMAIRE.....	11
7.0	MANUELS ET RÉFÉRENCES	12
7.1	MANUELS	12
7.2	RÉFÉRENCES.....	12

1.0 OBJET ET CONTEXTE

Le présent cours est conçu principalement comme supplément d'information, car la *Division des relevés hydrologiques du Canada* effectue le calcul routinier de tableaux de niveau-capacité. Ainsi, ce cours ne constitue qu'une introduction au sujet. Si un technicien doit préparer un tableau de niveau-capacité pour un réservoir et/ou utiliser ce tableau pour le calcul d'écoulement naturel, il doit posséder une formation plus spécifique.

Les tableaux de capacité de réservoir sont normalement préparés par d'autres organismes. Le tableau initial est fréquemment élaboré à partir de levés topographiques effectués avant que le réservoir soit rempli. Des levés complémentaires sont généralement effectués une fois que le réservoir contient une certaine quantité d'eau par des groupes tels que la Section des méthodes hydrométriques ou la Section de l'étude des sédiments de la *Division des relevés hydrologiques du Canada*. Le personnel régional apporte quelquefois son aide durant ces levés.

Le technicien de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* se limitera probablement à utiliser les tableaux de niveau-capacité pour les calculs d'écoulement naturel, et de distribution de l'eau. Cette application sera illustrée par plusieurs exemples. Les régions peuvent remplacer les exemples des leçons par leurs propres exemples.

2.0 OBJECTIFS

L'objectif de ce cours est de présenter aux participants les renseignements généraux se rapportant aux levés de terrain nécessaires à la préparation d'un tableau de niveau-capacité pour un réservoir. Il offre également des renseignements sur la réduction des données de terrain afin de préparer un tableau de niveau-capacité. Le participant ne recevra pas un enseignement approfondi sur les diverses procédures, mais plutôt une évaluation des méthodes les plus courantes.

3.0 LEVÉS DE RÉSERVOIR

3.1 LEVÉS AVANT LA CONSTRUCTION

Dans la plupart des cas, les tableaux de niveau-capacité sont dérivés de levés topographiques du réservoir proposé avant la construction du barrage. Les tableaux peuvent également être élaborés à partir de cartes topographiques ou de courbes de niveau existantes, dans les cas où suffisamment de détails sur ces courbes sont disponibles. Ainsi, la capacité totale du réservoir peut être calculée pour différentes configurations de barrages. Ce calcul est essentiel aux études économiques et de capacité de retenue, ainsi qu'à la préparation des calendriers d'exploitation potentielle. Par exemple, si le réservoir est construit pour le contrôle des crues, il est possible de calculer la quantité de retenue correspondant à diverses hauteurs, puis de lier ces données à la réduction des crues. Si la construction du réservoir a pour objet l'alimentation en eau, par exemple pour l'irrigation ou l'usage domestique, le volume total de niveau à plein peut être calculé pour diverses configurations de barrage.

3.2 LEVÉS APRÈS LA CONSTRUCTION

Le levé des petits réservoirs n'est généralement pas effectué avant la construction du barrage, car ces réservoirs sont construits principalement en vue d'emmagasiner de l'eau destinée au bétail ou à l'usage domestique. Une fois le barrage construit, il peut être nécessaire d'évaluer la quantité d'eau utilisée par ces petits réservoirs. Un tableau de niveau-capacité doit alors être préparé.

Il est quelquefois nécessaire d'élaborer un nouveau tableau de niveau-capacité pour un réservoir possédant déjà un tel tableau. Par exemple, après un certain nombre d'années de service, la capacité d'un réservoir peut varier en raison d'accumulation de sédiments. La zone de retenue du réservoir peut nécessiter un nouveau levé afin de déterminer la perte de capacité et de préparer un nouveau tableau de niveau-capacité. La figure 1 illustre la variation de capacité d'un réservoir (réservoir de Fresno) situé dans le bassin du fleuve Missouri, au Montana.

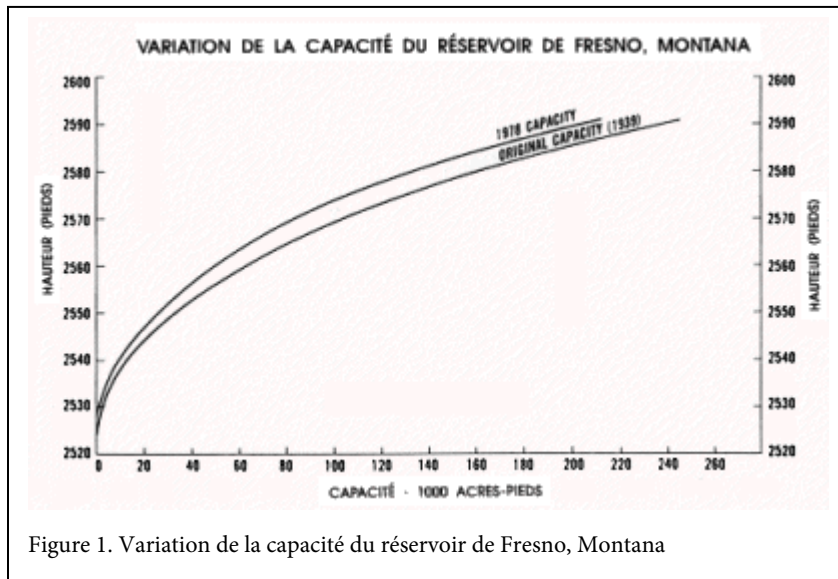


Figure 1. Variation de la capacité du réservoir de Fresno, Montana

3.2.1 Levés de petits réservoirs

Un levé de réservoir après la construction comprend normalement des sondages du réservoir et des levés de terrain, à moins que les levés puissent être effectués lorsque le réservoir est sec. Les levés de terrain sont requis même lorsque le réservoir est à son niveau à plein, car le levé topographique doit s'étendre au-dessus de ce niveau afin de faciliter la préparation des courbes de niveau.

Un levé du contenu existant du réservoir durant la période de gel hivernal peut également être utile, en particulier si le réservoir possède une grande aire de surface. Si le système automatisé de bateau mobile n'est pas disponible ou praticable, le levé peut être facilité en l'effectuant sur une surface de glace. Dans le cas de petits réservoirs, il est parfois plus commode de se servir d'un système de câble de guidage et de bateau.

Le but d'un levé de réservoir est de reproduire la topographie du fond du réservoir afin de calculer un tableau de niveau-capacité à partir des courbes de niveau du réservoir. Le présent cours décrit une procédure générale de levé. Les autres procédures moins utilisées ne sont pas discutées dans ce cours.

La procédure ci-dessous doit être utilisée pour les levés de petits réservoirs :

1. Recueillez tous les renseignements possibles sur le réservoir avant d'entreprendre le levé de terrain, y compris tous les renseignements hydrométriques courants sur fichier, les renseignements sur les levés antérieurs (si disponibles), les photographies aériennes verticales, les cartes topographiques d'échelle 1:50 000 de la région, les emplacements et les hauteurs des repères de nivellement, etc.
2. Sur une carte ou un croquis existant du réservoir, tracez la ligne de base parallèlement à la vallée principale. Des lignes de base secondaires peuvent également s'avérer nécessaires si des affluents majeurs se situent dans la zone du réservoir. Si la vallée principale n'est pas droite (figure 2), il est utile de tracer une ligne de base perpendiculairement au barrage.
3. Tracez suffisamment de rangs perpendiculaires aux lignes de base (voir la figure 2). Déterminez le nombre de rangs en fonction de la précision requise du levé. Celui-ci dépend en partie de la pente des parois de la vallée et de la profondeur maximale du réservoir. Le nombre de rangs doit être suffisant pour définir adéquatement la topographie du réservoir
4. Déterminez l'espacement des points d'échantillonnage le long de chaque ligne de rang. Cet espacement dépend de la précision désirée du levé de réservoir ainsi que du temps et des ressources disponibles pour effectuer le levé.
5. Avant d'exécuter le levé de terrain, rassemblez le matériel requis pour le sondage du réservoir et le levé de terrain.

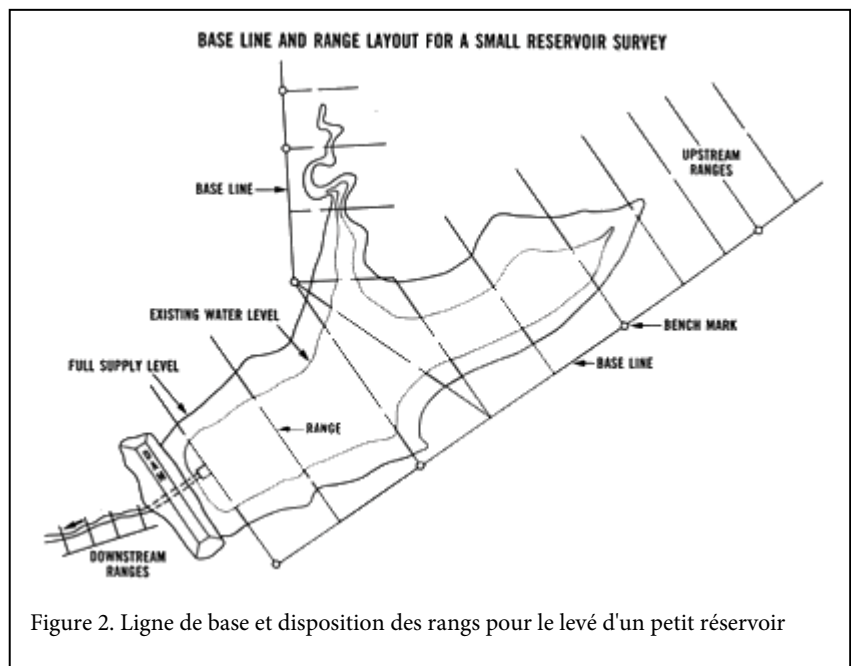


Figure 2. Ligne de base et disposition des rangs pour le levé d'un petit réservoir

6. Jalonnez les lignes de base et les rangs conformément à la carte ou au croquis du réservoir. Identifiez chaque point et déterminez des points de contrôle vertical.
7. Exécutez le levé de terrain un rang à la fois. Effectuez un levé sur chaque point à l'extérieur de la surface d'eau actuelle du réservoir à l'aide d'un niveau d'ingénieur et des instruments de mesure horizontale appropriés (chaîne d'arpentage, ruban, stadia, etc.). Effectuez le levé des points situés à l'intérieur de la surface de réservoir par sondage et en utilisant les instruments de mesure appropriés.
8. Une fois le levé de terrain terminé, résumez les notes de levé et rassemblez tous les renseignements avant d'effectuer les calculs de bureau.

3.2.2 Levés de grands réservoirs

Les procédures de terrain à employer pour le levé de grands réservoirs sont similaires à celles des petits réservoirs, sauf qu'un plus grand nombre de lignes de base, de rangs et de points de mesure sont nécessaires pour réaliser le levé topographique avec précision. La réalisation de ce type de levé exige plus de temps et de ressources. Si possible, des méthodes automatisées doivent être employées pour l'exécution du levé.

Ces procédures ont été mises au point par la Section des méthodes hydrométriques et la Section de l'étude des sédiments de la *Division des relevés hydrologiques du Canada* à Ottawa. Les procédures automatisées ont recours à des appareils électroniques de mesure de distance pour le contrôle horizontal, à des écho-sondeurs pour le contrôle vertical, et à un ordinateur de bord pour le calcul des paramètres cartographiques et du tableau de niveau-capacité.

Une solution de rechange aux procédures de levé automatisé de réservoir a été mise au point en 1982 dans la Saskatchewan. Cinq grands réservoirs situés au sud-ouest de la province ont fait l'objet de levés afin de déterminer si des changements significatifs s'étaient produits depuis leur construction dans les années 1930. Comme la capacité du réservoir était très faible en 1982, des techniques de photogrammétrie aérienne ont été utilisées en plus des levés sur le terrain à faible niveau d'eau. Les levés ont été réalisés rapidement et à coût moindre que les levés plus conventionnels. Ce type de levé peut s'avérer viable ailleurs.

4.0 MÉTHODE DE CALCUL D'UN TABLEAU DE NIVEAU-CAPACITÉ

Après la collecte des données de terrain sur le réservoir, les renseignements de niveau doivent être inscrits sur une carte de la zone du réservoir. Ensuite, des lignes de hauteur égale (courbes de niveau) doivent être tracées sur la carte. Les courbes de niveau tracées doivent normalement être en mètres entiers ou en moitiés de mètres. Des courbes de niveau supplémentaires peuvent être requises pour obtenir plus de détail (figure 3).

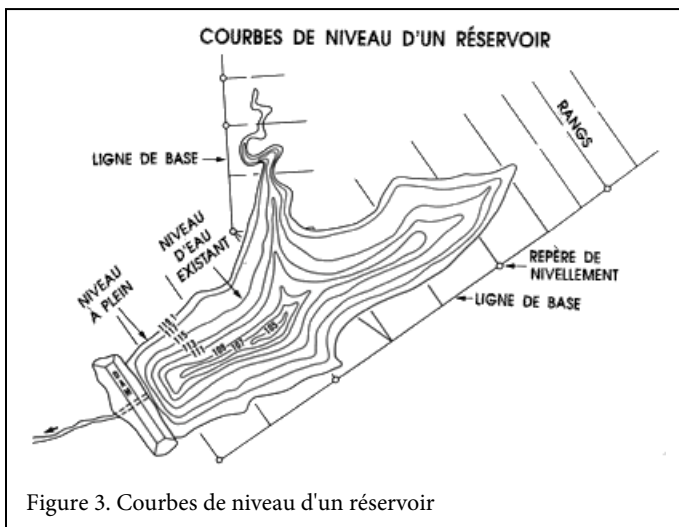


Figure 3. Courbes de niveau d'un réservoir

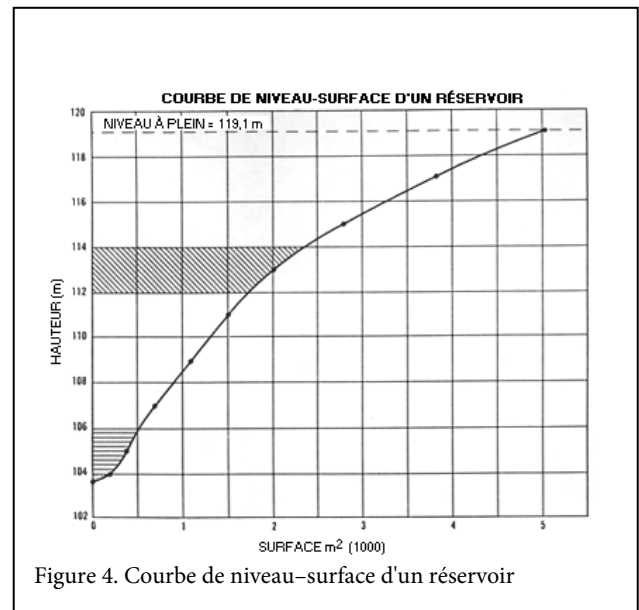


Figure 4. Courbe de niveau-surface d'un réservoir

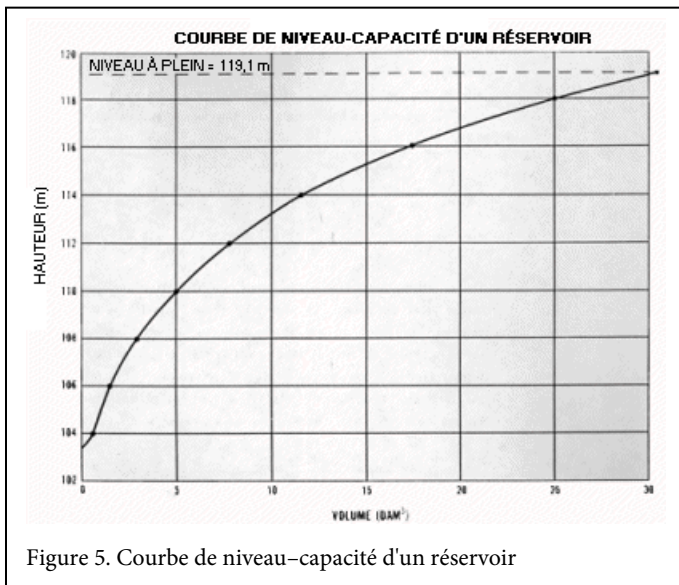


Figure 5. Courbe de niveau-capacité d'un réservoir

La procédure ci-dessous doit être utilisée pour le calcul du volume d'un réservoir à l'aide des surfaces de niveau :

1. Déterminez, par numériseur ou planimètre, la surface renfermée dans chaque courbe de niveau.
2. Tracez les surfaces individuelles en fonction de la hauteur de la courbe de niveau et reliez les points par une courbe régulière, tel qu'illustré à la figure 4.
3. À partir de la courbe de niveau-surface, lisez directement les valeurs de surface correspondant aux hauteurs spécifiées. Si le levé de terrain n'a pas été réalisé en fonction du niveau de référence de la jauge, modifiez les hauteurs indiquées sur la courbe. Par exemple, il est possible que le levé ait été effectué en fonction d'un repère de nivellement de Levés géodésiques du Canada situé à proximité du réservoir et que le niveau de référence de la station locale de jaugeage fasse référence à une hauteur supposée. Les hauteurs et les surfaces correspondantes doivent être groupées de la façon illustrée à la figure 5.
4. Déterminez la capacité incrémentielle du réservoir pour tout intervalle de niveau en multipliant l'aire de surface moyenne correspondant aux deux hauteurs par l'intervalle de niveau. Accumulez ces capacités incrémentielles conformément au tableau de la page suivante.
5. À partir de la hauteur à laquelle le réservoir est sec, tracez les totaux partiels de la variation de capacité du réservoir en fonction de la hauteur du niveau supérieur, de façon à produire la courbe de niveau-capacité (figure 5).
6. Préparez ensuite le tableau de niveau-capacité à partir de cette courbe en utilisant les techniques détaillées dans le [cours n° 18](#), « Relation hauteur-débit ».

Il est à noter — le système HYDAC effectue cette procédure automatiquement.

Tabulation de la hauteur, surface et capacité du réservoir			
Hauteur (m)	Aire de surface (m ²)	Volume incrémentiel (dam ³)	Volume total (dam ³)
103,7	0	0	0
104,0	200	0,03	0,03
105,0	400	0,30	0,33
106,0	500	0,45	0,78
107,0	700	0,60	1,38
108,0	900	0,80	2,18
109,0	1100	1,00	3,18
110,0	1300	1,20	4,38
111,0	1500	1,40	5,78
112,0	1750	1,63	7,41
113,0	2050	1,90	9,31
114,0	2400	2,23	11,54

115,0	2850	2,63	14,17
116,0	3350	3,10	17,27
117,0	3850	3,60	20,87
118,0	4450	4,15	25,02
119,0	5000	4,73	29,75
119,1 (N. à P.)	5050	0,50	30,25

5.0 APPLICATION

La *Division des relevés hydrologiques du Canada* utilise des tableaux de capacité de réservoir pour évaluer l'écoulement naturel (et, par la suite, pour calculer la distribution de l'eau) et pour déterminer la variation de capacité des réservoirs due au dépôt de sédiments.

La retenue et la libération d'eau d'un réservoir modifient l'écoulement du cours d'eau situé sous le réservoir. Pour déterminer l'écoulement naturel sous le réservoir, il est nécessaire d'effectuer les modifications suivantes : si l'eau est retenue, déterminer l'écoulement naturel en ajoutant le volume retenu à l'écoulement mesuré sous le réservoir. Par contre, si l'eau est libérée du réservoir, soustraire ce volume de l'écoulement fluvial mesuré. Les figures 6 et 7 illustrent les effets de la retenue et de l'évacuation d'eau sur l'écoulement naturel.

VARIATION QUOTIDIENNE DE CAPACITÉ D'UN RÉSERVOIR LAC SHERBURNE, MONTANA								
05015500				05AE036				
SOMMAIRE QUOTIDIEN POUR LE MOIS DE <u>AVRIL</u> , 19 <u>86</u>								
JOUR	LECTURE DE LA PLUME À 2400 h (m)	RECTIFICATION (m) (m) (m)			NIVEAU À 2400 h (m)	CAPACITÉ À 2400 h (dam ³)	VARIATION DE CAPACITÉ EN 24 h (dam ³)	JOUR
	30				24.043	65 939		30
	31				24.143	66 543	604	31
AVR	1				24.186	66 800	257	1
	2				24.189	66 820	20	2
	3				24.171	66 710	-110	3
	4				24.134	66 490	-220	4
	5				24.116	66 380	-110	5
	6				24.058	66 030	-350	6
	7				24.030	65 866	-164	7
	8				24.003	65 702	-164	8
	9				23.988	65 609	-93	9
	10				23.988	65 609	0	10
	11				23.988	65 609	0	11
	12				23.979	65 555	-54	12
	13				23.988	65 609	+54	13
	14				23.982	65 572	-37	14
	15				23.966	65 481	-91	15
	16				23.945	65 354	-127	16
	17				23.915	65 171	-183	17
	18				23.881	64 973	-198	18
	19				23.848	64 772	-201	19
	20				23.814	64 571	-201	20
	21				23.787	64 410	-161	21
	22				23.835	64 699	289	22
	23				23.909	65 137	438	23
	24				23.887	65 010	-127	24
	25				23.869	64 900	-110	25
	26				23.884	64 990	90	26
	27				23.884	64 990	0	27
	28				23.854	64 809	-181	28
	29				23.820	64 608	-201	29
	30				23.774			30
	31							31

VARIATION DE LA CAPACITÉ DURANT LE MOIS :

Calculé par _____ Date _____ Vérifié par _____ Date _____

Figure 6. Modification quotidienne de capacité d'un réservoir, Lac Sherburne, Montana (avril 1986)

**ÉCOULEMENT NATUREL DE LA RIVIÈRE ST. MARY, À LA FRONTIÈRE INTERNATIONALE
AVRIL 1986**

LES QUANTITÉS SONT EXPRIMÉES EN DAM3

JOUR	VARIATION DE LA CAPACITÉ DU LAC SHERBURNE (AVEC 1 JOUR DE RETARD)	DÉTOURNÉ PAR LA CANAL ST. MARY	TOTAL UTILISÉ PAR LES ÉTATS-UNIS	RIVIÈRE ST. MARY À LA FRONTIÈRE INTERNATIONALE	ÉCOULEMENT NATUREL À LA FRONTIÈRE INTERNATIONALE	PARTS DE L'ÉCOULEMENT NATUREL	EXCES OU DÉFICIT (-) DA LA PART CANADIENNE
						ÉTATS-UNIS	CANADA
1	604	7	611	1 319	1 930	553	1 372
2	257	93	350	1 338	1 688	437	1 251
3	20	367	387	1 311	1 698	442	1 256
4	-110	550	450	1 250	1 700	463	1 237
5	-220	585	365	1 299	1 664	425	1 239
6	-110	625	516	1 299	1 815	500	1 315
7	-350	629	279	1 275	1 554	388	1 166
8	-164	624	460	1 226	1 686	436	1 250
9	-164	624	460	1 189	1 649	417	1 232
10	-93	629	536	1 214	1 750	469	1 282
11	0	631	631	1 287	1 918	552	1 366
12	0	634	634	1 338	1 972	579	1 393
13	-54	629	575	1 363	1 938	562	1 376
14	54	626	680	1 390	2 070	628	1 442
15	-37	626	589	1 402	1 991	588	1 403
S. TOTAL	-367	7 890	7 523	19 503	27 023	7 423	19 603
MEAN	-24.5	526	502	1 300	1 802	495	1 307
16	-91	626	535	1 407	1 942	564	1 378
17	-127	624	497	1 377	1 874	530	1 344
18	-183	641	458	1 275	1 733	459	1 274
19	-198	685	487	1 214	1 701	443	1 258
20	-201	685	484	1 165	1 649	417	1 232
21	-201	685	484	1 130	1 614	404	1 210
22	-161	687	526	1 177	1 703	444	1 259
23	289	695	984	1 483	2 672	929	1 743
24	438	707	1 145	2 439	3 594	1 335	2 199
25	-127	712	585	2 765	3 350	1 268	2 082
26	-110	712	602	2 691	3 293	1 239	2 054
27	91	710	901	2 544	3 345	1 205	2 160
28	0	710	710	2 417	3 127	1 155	1 971
29	-181	707	526	2 275	2 801	953	1 808
30	-201	705	504	2 165	2 669	927	1 742
S. TOTAL	-963	10 291	9 328	27 729	37 057	12 423	24 634
MEAN	-64.2	625	622	1 369	2 470	728	1 742
TOTAL	-1 330	18 181	16 851	47 229	64 080	19 548	44 534
MEAN	-66.5	625	562	1 574	2 136	692	1 474

APPROUVÉ PAR: Jac. G. Macleod POUR LES ÉTATS-UNIS USA POUR LE CANADA

Figure 7. Écoulement de la rivière St. Mary, à la frontière internationale (avril 1986)

6.0 SOMMAIRE

Ce cours a présenté une vue d'ensemble du levé de réservoir pour déterminer la relation entre le niveau et la capacité. Il a également expliqué la façon dont ces renseignements peuvent être utilisés pour préparer un tableau de niveau-capacité. Le concept de la détermination de l'écoulement naturel à partir de la variation de la capacité d'un réservoir a également été présenté aux participants.

La méthode des surfaces de niveau permettant de tracer une courbe de niveau-capacité pour les petits réservoirs a été décrite. Cependant, d'autres méthodes manuelles n'ont pas été traitées, et la procédure automatisée (HYDAC) a été uniquement brièvement mentionnée. Pour plus de renseignements, les participants peuvent consulter les ouvrages de référence mentionnés.

.

7.0 MANUELS ET RÉFÉRENCES

7.1 MANUELS

Durette, Y.J. et P. Zrymiak. (1978). HYDAC-100; An automated System for Hydrographic Data Acquisition and Analysis. Environnement Canada, Bulletin technique n° 105, Ottawa.

Pêches et Environnement Canada. (1977). Automated Hydrometric Computation Procedures, Direction générale des eaux intérieures, Rapport interne, Ottawa.

7.2 RÉFÉRENCES

Durette, Y.J. (1982), A Capacity Study of Reid Lake, Environnement Canada, Étude des sédiments, Rapport interne, Ottawa.

Heinemann H.G. et V.I. Dvorak. (1963). Improved Volumetric Survey and Computation Procedures for Small Reservoirs. Soil and Water Conservation Resource Division, United States Department of Agriculture.

Manitoba Water Resources Branch (1981), Portage Reservoir Sedimentation Study, Rapport interne, Winnipeg.

Wiebe, K. et L. Drennan. (1973). Sedimentation in Reservoirs, Hydrology Symposium No. 9. Edmonton, p. 538 à 580.

Yuzyk, T.R. (1978). Aspects Concerning Sedimentation of Avonlea Reservoir, Environnement Canada, Étude des sédiments, Rapport interne, Ottawa.

Yuzyk, T.R. (1983). Lake Diefenbaker, Saskatchewan : A Case Study of Reservoir Sedimentation. Environnement Canada, Étude des sédiments, Rapport interne, Ottawa.

Yuzyk, T.R. (1984), Reservoir Sedimentation Studies in Canada, Environnement Canada, Étude des sédiments, Rapport interne, IWD-HQ-WRB-SS-84-1, Ottawa.