

Juin 2003

ICS 95.020

Version française

Action humanitaire contre les mines – Test et évaluation – Détecteurs de métal

Cet accord d'atelier CEN a été établi et approuvé par un atelier de représentants des parties intéressées, dont la composition est indiquée dans l'avant-propos.

La procédure formelle suivie par l'atelier pour l'élaboration de cet accord a été avalisée par les membres nationaux du CEN, mais ni les membres nationaux du CEN ni le Centre de gestion du CEN ne peuvent être tenus pour responsables du contenu technique de cet accord d'atelier CEN ni des éventuels conflits avec les normes ou la législation en vigueur.

Cet accord d'atelier CEN ne peut en aucun cas être considéré comme une norme officielle élaborée par le CEN et ses membres.

Cet accord d'atelier CEN est mis à la disposition du public en tant que document de référence provenant des organismes nationaux de normalisation des membres du CEN.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Portugal, République Tchèque, Royaume-Uni, Slovaquie, Suède et Suisse.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Centre de gestion : rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

© 2003 CEN Tous droits d'exploitation sous quelque forme et de quelque manière que ce soit réservés dans le monde entier aux membres nationaux du CEN.

No réf. : AACEN 14747:2003 (F)

Table des matières

Avant-propos.....	6
1. Domaine d'application	8
2. Références normatives.....	9
3. Termes et définitions	9
4. Symboles et abréviations	13
5. Principes de test généraux	14
5.1 But des tests spécifiés.....	14
5.2 Directives pour l'évaluation sur le terrain	16
5.2.1 Généralités	16
5.2.2 Présélection de détecteurs	17
5.2.3 Répétabilité des tests sur le terrain	17
5.2.4 Contenu des tests sur le terrain	17
5.3 Performances des détecteurs de métal	17
5.4 Géométrie du test.....	18
5.5 Critère de détermination de la détection	19
5.6 Cibles de test.....	20
5.7 Exigences en matière d'enregistrement des résultats des tests.....	20
6. Tests de la capacité de détection dans l'air	21
6.1 Principes généraux.....	21
6.2 Équipement	21
6.2.1 Équipement pour les tests contrôlés en laboratoire	21
6.2.2 Équipement pour les tests moins contrôlés.....	23
6.3 Procédures générales	24
6.3.1 Préparation et montage du détecteur	24
6.3.2 Alignement de la cible sur le détecteur.....	25
6.3.3 Mesure de la hauteur de détection maximale.....	25
6.4 Stabilité de la capacité de détection.....	25
6.4.1 Généralités.....	25
6.4.2 Vitesse de balayage - Déplacement mécanisé.....	26
6.4.3 Vitesse de balayage - Déplacement manuel	27
6.4.4 Répétabilité de la sensibilité de configuration.....	27
6.4.5 Dérive de sensibilité.....	28
6.5 Cible minimale détectable en fonction de la hauteur	28
6.5.1 Objectifs	28
6.5.2 Courbes de détection de cible minimale pour les billes en acier.....	29
6.5.3 Courbes de détection de cible minimale pour d'autres métaux.....	30
6.6 Capacité de détection de cibles spécifiques	30
6.7 Mesure du profil de sensibilité (ou empreinte)	31
6.7.1 Méthode 1	31
6.7.2 Méthode 2	32

7. Immunité à l'environnement et aux conditions opérationnelles	33
7.1 Généralités	33
7.1.1 Principe de test	33
7.1.2 Procédure de test.....	34
7.1.3 Résultats des tests et compte rendu	34
7.2 Orientation de la tête de détection et extension de la canne	34
7.3 Humidité sur la tête de détection.....	34
7.4 Températures extrêmes.....	35
7.5 Chocs de température.....	35
7.6 Sensibilité au cours de la durée de vie de la pile	35
7.7 Effet des interférences électromagnétiques ou radiofréquences (EM/RF)	36
8. Capacité de détection des cibles enfouies dans le sol	36
8.1 Généralités	36
8.1.1 Principe	36
8.1.2 Équipement et zones de test	37
8.1.3 Déplacement du détecteur.....	37
8.1.4 Types de sols	38
8.1.5 Procédure générale de test.....	38
8.2 Cible minimale détectable en fonction de la profondeur	39
8.2.1 Principe	39
8.2.2 Équipement et zone de test	39
8.2.3 Procédure.....	39
8.2.4 Résultats des tests et compte rendu	40
8.3 Capacité de détection de cibles spécifiques dans le sol.....	41
8.3.1 Principe	41
8.3.2 Équipement et zone de test	41
8.3.3 Procédure.....	41
8.3.4 Résultats des tests et compte rendu	41
8.4 Test de détection à profondeur fixe	41
8.4.1 Principe	41
8.4.2 Équipement et zone de test	41
8.4.3 Procédure.....	42
8.4.4 Résultats des tests et compte rendu	42
8.5 Tests de fiabilité de la détection	43
8.5.1 Principe	43
8.5.2 Lignes directrices pour la préparation des couloirs de test	43
8.5.3 Types de cibles	44
8.5.4 Profondeur, orientation et séparation des cibles.....	44
8.5.5 Opérateurs	45
8.5.6 Procédure de test.....	46
8.5.7 Résultats des tests, compte rendu et évaluation	46
8.6 Tests supplémentaires de fiabilité de la détection.....	47
9. Caractéristiques de performance opérationnelle	47

AACEN 14747:2003 (F)

9.1 Généralités	47
9.1.1 Principes	47
9.1.2 Exigences générales en matière de compte rendu	47
9.2 Précision de la localisation de la cible.....	48
9.2.1 Principe du test.....	48
9.2.2 Procédure de test.....	48
9.2.3 Résultats des tests et compte rendu	49
9.3 Détermination de la forme de la cible.....	49
9.3.1 Principe du test.....	49
9.3.2 Procédure de test.....	49
9.3.3 Résultats des tests et compte rendu	49
9.4 Pouvoir de résolution de cibles adjacentes	50
9.4.1 Principe du test.....	50
9.4.2 Procédure de test.....	50
9.4.3 Résultats des tests et compte rendu	50
9.5 Influence de milieux spécifiques sur la détection	50
9.5.1 Principe du test.....	50
9.5.2 Procédure – Test 1.....	51
9.5.3 Procédure - Test 2.....	51
9.5.4 Résultats des tests et compte rendu	51
9.6 Détection à proximité de grands objets métalliques linéaires	52
9.6.1 Principe du test.....	52
9.6.2 Procédure de test.....	52
9.6.3 Résultats des tests et compte rendu	52
9.7 Effet de sources d'interférences électromagnétiques spécifiques	53
9.7.1 Principe du test.....	53
9.7.2 Procédure de test.....	53
9.7.3 Résultats des tests et compte rendu	53
9.8 Interférences mutuelles entre les détecteurs	53
9.8.1 Principe du test.....	53
9.8.2 Procédure de test.....	54
9.8.3 Résultats des tests et compte rendu	54
10. Évaluation des aspects ergonomiques et opérationnels	54
10.1 Tests de robustesse	54
10.1.1 Tests de résistance aux chocs et aux secousses.....	54
10.1.2 Tests de résistance aux chutes.....	55
10.2 Lignes directrices pour l'évaluation des aspects ergonomiques et opérationnels	55
10.3 Interchangeabilité des pièces.....	56
Annexe A: Sols de test.....	57
A.1 Généralités.....	57
A.2 Types de sols	57
A.3 Susceptibilité magnétique des sols.....	57
Annexe B: Cibles de test	59

B.1 Cibles de test paramétriques	59
B.2 Cibles standard simulant les composants métalliques des mines (« ITOPs »).....	59
B.3 Mines cibles de test spécifiques	61
B.4 Cibles pour la détermination de la forme	61
B.5 Profondeur et séparation des cibles et hauteur de balayage	62
B.6 Critères de détermination des vraies/ fausses indications lors de l'évaluation des tests aveugles	62
Annexe C: Informations fournies par les fabricants.....	63
Annexe D : Formulaire de test	65
D.1 Mesure de la hauteur de détection maximale.....	65
D.2 Mesure de la hauteur de détection par rapport à la vitesse de balayage	66
D.3 Cible minimale détectable en fonction de la hauteur.....	67
D.4 Mesure manuelle du profil de sensibilité	68
D.5 Profondeur de détection maximale des cibles dans le sol (billes/autres cibles spécifiques)	69
D.6 Détection de cibles spécifiques à une profondeur fixe dans le sol.....	70
D.7 Précision de la localisation de la cible	71
D.8 Détermination de la forme des cibles	72
D.9 Pouvoir de résolution de cibles adjacentes	73
D.10 Détection à proximité de grands objets métalliques linéaires	74
Bibliographie	75

Avant-propos

Le présent accord d'atelier du CEN (AACEN) a été établi et approuvé le 6 mai 2003 par un atelier de représentants des parties intéressées dont la constitution a été soutenue par le CEN suite à l'appel public de participation du 13 novembre 2001. La présidence et le secrétariat technique de cet accord d'atelier CEN 7 ont été assurés par le Centre commun de recherche (CCR) de la Commission européenne (CE) à Ispra, en Italie. Le soutien professionnel à la normalisation a été fourni par l'UNI (membre italien du CEN).

Les organisations suivantes ont apporté un soutien constant et actif au projet :

- Le Programme international de tests et d'évaluations pour le déminage humanitaire (ITEP), sur un mandat donné au CCR par le conseil d'administration de l'ITEP ;
- Le Service de lutte antimines des Nations Unies (SLAM) ;
- Le Centre international de déminage humanitaire – Genève (CIDHG).

Le présent accord d'atelier du CEN a été élaboré grâce à :

- Un important soutien financier du CCR ;
- Une contribution financière octroyée par l'Office de coopération EuropeAid de la CE, dans le cadre du mandat CE M/306.

Une liste des individus et des organisations ayant approuvé le consensus technique représenté par cet accord d'atelier CEN peut être achetée auprès du Centre de gestion du CEN. Ces organisations proviennent des secteurs économiques suivants : fabricants de détecteurs de métal, instituts de recherche et développement ayant déjà travaillé sur le test et le développement de détecteurs de métal, ingénieurs en déminage et organisations non gouvernementales de déminage faisant appel à des détecteurs de métal. Les participants proviennent de 14 pays différents, ainsi que de la Commission européenne et des Nations Unies.

Le processus d'approbation de cet AACEN a démarré le 9 décembre 2002 et s'est achevé avec succès le 6 mai 2003. Le texte final a été soumis au Centre de gestion du CEN (CMC) le 7 mai 2003, afin d'être publié.

Il est à remarquer que le présent AACEN représente l'état actuel de la technique. Il pourrait toutefois être procédé à une révision de son contenu après la première année de sa mise en œuvre afin d'y inclure des informations plus détaillées.

Les utilisateurs de cet AACEN sont invités à envoyer leurs commentaires ou leurs suggestions au Centre de gestion du CEN.

Cet AACEN est accessible au public en tant que document de référence provenant des organismes nationaux de normalisation des membres du CEN : AENOR, AFNOR, BSI, COSMT, DIN, DS, ELOT, IBN/BIN, IPQ, IST, MSA, MSZT, NEN, NSAI, NSF, ON, SEE, SIS, SFS, SNV, SUTN, UNI.

Introduction

Les détecteurs de métal constituent un élément essentiel de l'équipement d'un opérateur de déminage humanitaire. La détection des métaux représente l'une des rares méthodes « sans contact » à disposition pour rechercher les mines dans la plupart des régions du monde où se déroulent des opérations de déminage humanitaire. Bien que l'on utilise des détecteurs de métal pour trouver des mines depuis la Seconde Guerre mondiale, il n'existe aucune spécification ou norme de performance universelle les concernant.

Les capacités des détecteurs de métal ont fait l'objet de nombreux tests ces dernières années, favorisés par l'effort international accru en vue de combattre la menace que représentent les mines et munitions non explosées pour les populations civiles. Toutefois, l'absence d'une norme définie permettant de comparer les performances de ces instruments a limité la valeur de ces travaux pour les utilisateurs finaux. Sans une norme régissant les tests, il est difficile de comparer les appareils afin de déterminer lequel est le mieux adapté à tel ou tel besoin particulier.

Cet AACEN a été préparé par l'atelier CEN 7, « Action humanitaire contre les mines – Test et évaluation – Détecteurs de métal » (CW07). L'atelier CW07 a été établi en vue de mettre au point et adopter des spécifications pour le test et l'évaluation des détecteurs de métal utilisés lors des opérations de déminage humanitaire.

Le présent AACEN a été élaboré sur un mandat donné au CEN par la Commission européenne (CE). Le Programme international de tests et d'évaluations pour le déminage humanitaire (ITEP) a par ailleurs demandé que cet atelier AACEN soit organisé par le Centre commun de recherche (CCR). Le projet a également bénéficié de l'appui du CEN BT/WG 126, du Service de lutte antimines des Nations Unies (SLAM) et du Centre international de déminage humanitaire de Genève (CIDHG), qui est responsable des Normes internationales de l'action contre les mines (NILAM). L'atelier a rédigé cet AACEN en étroite coopération avec le CIDHG et le SLAM afin qu'il puisse, à une étape ultérieure, être intégré dans le système des NILAM.

Le CW07 a été mis sur pied le 8 novembre 2001 à Bruxelles, avec l'approbation de son plan d'activités. Les travaux de l'atelier ont été présidés par le Centre commun de recherche (CCR), qui a également fait office de secrétariat et qui lui a apporté un soutien financier. Les séances plénières de l'atelier se sont tenues au CCR à Ispra, en Italie, en décembre 2001, avril 2002 et décembre 2002. Entre les réunions d'avril et décembre 2002, un groupe de rédaction s'est réuni à deux reprises – à l'agence Recherche et développement pour la défense Canada (RDDC), à Suffield au Canada, en juin 2002, et à Ispra en septembre 2002 – afin d'accélérer la rédaction de l'AACEN.

Les procédures de test des détecteurs de métal standard disponibles sur le marché (COTS) qui ont été mises au point et suivies dans le cadre du Projet pilote international pour la coopération en matière de technologie (IPPTC) ont été largement exploitées lors de l'élaboration des procédures de test normalisées décrites dans le présent AACEN [1].

Les précédents travaux de normalisation réalisés en matière de tests de déminage ont également joué un rôle utile dans la préparation de cet AACEN, comme par exemple ceux des *International Test Operations Procedures* (Procédures internationales pour les opérations de test ou ITOPS) [2], [3], [4]. D'autres travaux antérieurs sur la conception des cibles de test se sont également révélés utiles, par exemple le projet MIMEVA [5].

Les tests mis en oeuvre lors de précédents essais de détecteurs de métal [6], [7], ainsi que dans le cadre des spécifications fonctionnelles existantes des détecteurs de métal de l'armée américaine [8] et d'une norme relative aux détecteurs de métal utilisés pour la détection d'armes cachées et de contrebande appliquée dans le système pénal américain [9], ont tous été pris en compte par l'atelier CW07.

AACEN 14747:2003 (F)

Différentes parties de l'AACEN s'adressent aux laboratoires de R&D, aux fabricants, aux opérateurs de test et d'évaluation, aux organisations cherchant à acquérir des détecteurs de métal, aux centres d'action contre les mines et aux opérateurs sur le terrain.

Les tests décrits dans le présent AACEN suivent un ordre logique qui débute avec les tests de performance opérationnelle de base. Ces tests sont effectués dans des conditions très contrôlées, où les cibles sont placées dans l'air et non dans le sol. Pour réunir de telles conditions contrôlées, il est nécessaire de disposer d'équipements et d'installations qui ne sont généralement pas disponibles sur le terrain, c'est pourquoi bon nombre de ces tests doivent être effectués par des laboratoires spécialisés. Des tests analogues sont toutefois proposés pour des conditions moins contrôlées. L'AACEN décrit ensuite des tests sur des cibles mises en place dans le sol, à nouveau dans des conditions très contrôlées. Viennent ensuite des tests qui peuvent être effectués sur le terrain avec un minimum d'équipement.

Seuls quelques utilisateurs de ce document souhaiteront effectuer tous les tests décrits ou seront en mesure de le faire. Un utilisateur sur le terrain, sous le contrôle d'un centre d'action contre les mines (CLAM) par exemple, peut effectuer le test de fiabilité de la détection, certains des tests de performance opérationnelle et quelques-unes des mesures de sensibilité de base dans l'air et dans le sol. Toutefois, la valeur du test se verra considérablement augmentée si un laboratoire a déjà effectué des tests contrôlés, par exemple pour déterminer si la sensibilité du détecteur testé varie ou non avec la température de fonctionnement.

Les fabricants constituent un groupe d'utilisateurs de cet AACEN. Ils peuvent, en plus de réaliser les tests conformément aux spécifications du présent document, faciliter les tests réalisés par d'autres utilisateurs en leur fournissant des informations sur leurs produits. L'annexe C liste les recommandations du CW07 concernant l'ensemble minimal de renseignements que les fabricants devraient fournir aux utilisateurs pour les aider lors des évaluations.

Les utilisateurs de cet AACEN qui souhaitent mener des essais sur différents détecteurs de métal en appliquant les tests décrits pourraient également vouloir effectuer une évaluation préalable aux tests afin d'exclure, d'entrée de jeu, les détecteurs qui ne répondent pas à leurs exigences. Une telle évaluation préliminaire pourrait inclure au moins l'un des tests prévus dans cet AACEN, avec des niveaux d'acceptation qui seraient déterminés par les utilisateurs en fonction de leurs exigences propres. La mesure de sensibilité de base dans l'air, telle que spécifiée au point 6.4, pourrait par exemple être utilisée avec un niveau d'acceptation minimum en ce qui concerne la hauteur de détection maximale.

Il est prévu que la publication de cet accord d'atelier CEN soit complétée par des sessions de formation sur la façon de l'utiliser et de le mettre en œuvre, et par une vérification expérimentale approfondie à laquelle tous les utilisateurs sont encouragés à participer.

1. Domaine d'application

Cet accord fournit des lignes directrices, principes et procédures pour le test et l'évaluation des détecteurs de métal.

REMARQUE : Cet AACEN est destiné aux fabricants, aux organisations de test et de R&D et aux équipes de déminage intervenant sur le terrain, y compris aux centres de l'action contre les mines. Il est prévu que les utilisateurs choisiront les parties du document qui leur conviennent.

Cet AACEN s'applique à tous les types de détecteurs de métal portatifs destinés au déminage humanitaire. L'accord a été conçu pour être utilisé sur des détecteurs standard disponibles dans le commerce (COTS), mais la plupart des tests dont il est fait mention pourraient être effectués sur des instruments en cours de développement.

2. Références normatives

Cet AACEN contient également des dispositions extraites d'autres publications, qui apparaissent par référence datée ou non datée. Ces références normatives sont mentionnées aux endroits appropriés dans le texte et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les modifications ou révisions ultérieures de l'une ou l'autre de ces publications ne s'appliquent au présent AACEN que lorsqu'elles y ont été intégrées par amendement ou révision. Pour les références non datées, c'est la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence qui s'applique. La bibliographie qui figure à la fin du présent accord reprend les publications qui suivent, et comprend également d'autres références non normatives.

NILAM 04.10, Glossaire des termes et abréviations de l'action contre les mines, première édition, 1^{er} octobre 2001, SLAM, New York ;

NILAM 03.40, Test et évaluation des équipements pour l'action contre les mines, première édition, 1^{er} octobre 2001, SLAM, New-York ;

CEI 60068-2-27:1987 Tests fondamentaux climatiques. Partie 2: Tests - Test Ea et guide: Chocs ;

CEI 60068-2-29:1987 Tests fondamentaux climatiques. Partie 2: Tests - Test Eb et guide: Secousses ;

CEI 61000-4-2:1995 + A1: 1998 + A2: 2000, Compatibilité électromagnétique (CEM), Partie 4-2: Techniques de test et de mesure - Test d'immunité aux décharges électrostatiques. (= EN 61000-4-2:1995 + A1: 1998 + A2: 2001) ;

CEI 61000-4-3:2002, Compatibilité électromagnétique (CEM), Partie 4-3: Techniques de test et de mesure - Test d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques. (= FR 61000-4-3:2002) ;

CEI 61000-4-8:1993 + A1: 2000 Compatibilité électromagnétique (CEM), Partie 4-8: Techniques de test et de mesure – Test d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau. (= FR 61000-4-8:1993 + A1: 2001) ;

EN 61000-6-1:1997, Compatibilité électromagnétique (CEM), Partie 6-1: normes génériques - Immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère. (CEI 61000-6-1:1997, modifiée).

3. Termes et définitions¹

Aux fins du présent accord, les termes et définitions suivants s'appliquent. Ces définitions sont extraites de la NILAM 03.40 (version préliminaire), de la NILAM 04.10 ou d'autres références, si les termes sont définis ci-après.

3.1

Indication d'alarme

Signal qui avertit qu'un objet métallique a été détecté. Le signal peut être visuel et/ou auditif. Un signal positif est reproductible dans les mêmes conditions et n'est pas intermittent.

REMARQUE : Pour les détecteurs de métal dotés de fonctions auto-zéro ou d'autres fonctions produisant une réponse en mode dynamique, il faut qu'il y ait un mouvement relatif entre la cible et le détecteur pour que se déclenche une indication d'alarme.

3.2

indicateur d'alarme

Dispositif utilisé pour produire l'indication d'alarme, souvent un dispositif acoustique produisant un son caractéristique.

¹ NdT : les termes apparaissent selon leur ordre alphabétique anglais.

3.3

test aveugle

Test lors duquel l'opérateur du détecteur ne dispose d'aucune information concernant l'endroit, la profondeur ou la nature de la/des cible(s) recherchée(s).

3.4

tests contrôlés en laboratoire

Tests effectués dans des conditions dans lesquelles les facteurs externes susceptibles d'avoir une incidence sur un détecteur sont contrôlés. Par exemple, la température est constante ou contrôlée, et l'on déplace le détecteur au moyen de mécanismes de balayage motorisés, voire même automatisés, afin de pouvoir contrôler la position du détecteur et la vitesse de balayage.

3.5

déminage

Activités permettant l'enlèvement des mines et des MNE, comprenant, entre autres, la dépollution.

3.6

détection

Découverte d'un objet métallique. L'opérateur est informé de la détection d'un objet métallique grâce à une vraie indication d'alarme sur un indicateur d'alarme.

3.7

halo de détection

Cercle entourant l'emplacement réel d'une cible de test, dans lequel une indication d'alarme est considérée comme une vraie indication de détection lors des tests de détection aveugles.

3.8

fiabilité de détection

La fiabilité de détection fait référence au degré de capacité du détecteur à réaliser son objectif, qui est de disposer d'une capacité maximale à fournir de vraies indications d'alarme sans produire de fausses indications d'alarmes.

3.9

mode dynamique

Certains détecteurs font appel à un mécanisme de filtrage auto-zéro ou passe-haut afin que les signaux qui ne varient pas n'entraînent pas d'indication d'alarme, ce qui permet de réduire les signaux de bruit émis par les sols magnétiques, par exemple. Seuls les changements dans les signaux déclenchent une indication d'alarme. Le présent document définit ce type de fonctionnement comme le mode dynamique.

3.10

conductivité électrique

Facilité avec laquelle un courant électrique circule dans un milieu. Mesurée en Siemens par mètre (S/m).

3.11

fausse indication d'alarme

Indication d'alarme qui n'a pas été déclenchée par la présence d'un objet métallique.

3.12

tests sur le terrain

Tests permettant de déterminer la performance d'un détecteur de métal dans des conditions proches des conditions réelles d'utilisation.

3.13

sens direct

Direction perpendiculaire au sens de balayage du détecteur de métal dans des conditions d'utilisation normales. En général, direction face à laquelle l'opérateur se trouve lorsqu'il utilise le détecteur.

3.14

compensation d'effets de sol

Fonction d'un détecteur de métal conçue pour réduire ou éliminer les indications d'alarme déclenchées par un sol brouillé par le bruit, tout en préservant sa capacité de détection des métaux.

3.15**propriétés électromagnétiques hétérogènes**

Au sens de ce document, font référence à un milieu dont la conductivité électrique et/ou la susceptibilité magnétique ne sont pas les mêmes en tous points du volume du milieu exploré par un détecteur de métal et, par conséquent, dont l'effet sur un détecteur de métal peut varier selon l'emplacement.

3.16**propriétés électromagnétiques homogènes**

Au sens de ce document, font référence à un milieu dont la conductivité électrique et/ou la susceptibilité magnétique sont les mêmes en tous points du volume du milieu exploré par un détecteur de métal et, par conséquent, dont l'effet sur un détecteur de métal ne varie pas selon l'emplacement.

3.17**immunité (à une perturbation électromagnétique)**

Capacité d'un appareil, d'un équipement ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique (voir [14]).

3.18**tests dans l'air**

Tests visant à déterminer les caractéristiques et les performances d'un détecteur de métal sans influence du sol.

3.19**tests dans le sol**

Tests visant à déterminer les caractéristiques et les performances d'un détecteur de métal sur des cibles enfouies dans le sol.

3.20**tests moins contrôlés**

Tests effectués dans des conditions dans lesquelles les variables du test ne sont pas soumises au même degré de contrôle que lors des tests contrôlés en laboratoire. Ces tests peuvent être effectués à l'intérieur sans contrôle de la température, ou à l'extérieur. Le détecteur peut être manipulé manuellement, mais on le déplace le plus souvent avec l'aide de gabarits de montage et de minuteries afin de contrôler la position et la vitesse de balayage.

3.21**susceptibilité magnétique**

Degré de magnétisation d'un milieu situé dans un champ magnétique appliqué. Mesurée en unités SI adimensionnelles.

3.22**Hauteur de détection maximale**

Hauteur maximale au-dessus d'une cible de test à laquelle un détecteur de métal, réglé d'une manière donnée, produit une vraie indication d'alarme due à la cible.

3.23**détecteur de métal**

Dispositif qui fait appel aux principes de l'induction électromagnétique pour révéler la présence de métal à proximité.

3.24**mine**

Engin conçu pour être placé sous ou sur le sol ou une autre surface, ou à proximité, et pour exploser du fait de la présence, de la proximité ou du contact d'une personne ou d'un véhicule.

3.25**sol brouillé par le bruit**

Sol qui, par sa composition et/ou sa stratification ou sa structure, réduit la performance des détecteurs de métal, compliquant de la sorte la tâche de l'opérateur. Cette diminution des performances est le plus susceptible de se traduire par une sensibilité réduite au métal et/ou par la production de signaux difficiles à distinguer des signaux dus au métal.

3.26

test ouvert (test non aveugle)

Test au cours duquel l'utilisateur du détecteur dispose d'informations concernant l'endroit, la profondeur ou la nature de la cible recherchée.

3.27

cible de test réaliste

Cible de test conçue pour simuler la géométrie et les propriétés matérielles des mines ou des composants métalliques contenus dans les mines. Les cibles réalistes comprennent aussi des mines réelles, des mines sans explosif ou des mines neutralisées.

3.28

sensibilité

La sensibilité d'un détecteur de métal est la mesure de sa capacité à détecter des objets métalliques. Un détecteur à haute sensibilité permet de détecter à une distance donnée de petits objets métalliques qui pourraient ne pas être détectés par un appareil à faible sensibilité. La sensibilité de tous les détecteurs diminue proportionnellement à la distance qui sépare la tête de détection de l'objet. On peut régler la sensibilité de nombreux détecteurs. Dans ce document, on mesure la sensibilité en fonction de la hauteur maximale de la tête du détecteur au-dessus d'une cible de test métallique donnée à laquelle la cible peut être détectée. On peut également exprimer la sensibilité sur la base de la plus petite cible (en termes de taille, forme et matériaux) pouvant être détectée à une hauteur donnée au-dessus de la cible.

3.29

profil de sensibilité (empreinte)

Le profil de sensibilité d'un détecteur de métal est un schéma qui représente, sur un axe ou en deux dimensions, la variation de la sensibilité de détection en fonction de l'emplacement sous la tête de détection. L'emplacement et l'étendue de la zone de sensibilité maximale présentent un intérêt particulier lorsqu'il s'agit de spécifier l'écart maximal autorisé entre les passages du détecteur afin d'assurer la couverture complète d'une zone.

3.30

tête de détection (ou capteur)

Partie du détecteur de métal (généralement un agencement de bobine plate) qui génère et reçoit des champs magnétiques alternatifs destinés à détecter des objets métalliques.

3.31

plan de la tête de détection

Plan de la tête de détection du détecteur (généralement une bobine) qui est maintenu parallèle au sol lors d'un fonctionnement normal.

3.32

mode statique

Certains détecteurs ne réalisent pas de filtrage auto-zéro ou passe-haut sur leur signal. Lorsqu'ils produisent une indication d'alarme en raison de la proximité d'un morceau de métal, l'indication persiste aussi longtemps que le métal est là, même si le détecteur reste immobile. Le présent document définit ce type de fonctionnement comme le mode statique.

3.33

sol

Milieu dans lequel les mines peuvent être enfouies.

3.34

direction de balayage

Sens dans lequel on déplace la tête de détection d'un détecteur de métal sur le terrain lors d'un fonctionnement normal. Il s'agit en général d'un déplacement transversal - d'un côté à l'autre – dans le plan de la tête de détection lorsque le détecteur est tenu dans sa position normale.

3.35

test

Détermination d'une ou plusieurs caractéristiques (d'un détecteur de métal) selon une procédure donnée.

3.36**couloir de test**

Zone de test des détecteurs de métal (généralement longue et étroite) qui imite les couloirs créés pour diviser les champs de mines lors des opérations de déminage/dépollution.

3.37**cible de test**

Objet utilisé pour tester les performances de détection du détecteur de métal. Il s'agit d'un élément métallique qui peut être destiné à reproduire la réponse d'une mine ou d'un composant de mine, ou d'un simple objet métallique utilisé pour mesurer la sensibilité.

3.38**essai**

Série de tests organisés de manière systématique, dont les résultats donnent lieu à l'évaluation globale d'un composant, d'un équipement ou d'un système.

3.39**vraie indication d'alarme**

Indication d'alarme déclenchée par la présence d'un objet métallique.

3.40**munition non explosée (MNE)**

Munition explosive qui a été amorcée, munie d'une fusée, armée ou préparée de quelque autre manière pour être employée. Au préalable, elle a pu être tirée, larguée, lancée ou projetée et demeure non explosée à cause d'un mauvais fonctionnement, à dessein ou pour toute autre raison.

4. Symboles et abréviations¹**4.1****CEM**

Compatibilité électromagnétique. Prise en compte des champs électromagnétiques et des rayonnements émis par l'équipement ou de l'immunité de l'équipement à de tels champs électromagnétiques et rayonnements.

4.2**CIDHG**

Centre international de déminage humanitaire - Genève.

4.3**COTS**

Commercial sur étagère (« *Commercial off-the shelf* » en anglais). Un produit complètement développé disponible sur le marché, qui ne constitue ni une démonstration technologique ni un prototype.

4.4**NILAM**

Norme internationale de l'action contre les mines.

4.5**ITEP**

Programme international de tests et d'évaluations pour le déminage humanitaire.

4.6**ITOP**

Procédure internationale pour le test des opérations (« *International Operations Test Procedure* »), une norme de test adoptée par les institutions gouvernementales de la défense de l'Allemagne, des Etats-Unis, de la France et du Royaume-Uni.

¹ Ndt : les symboles et abréviations apparaissent selon leur ordre alphabétique anglais.

AACEN 14747:2003 (F)

4.7

CLAM

Centre de l'action contre les mines.

4.8

ONG

Organisation non gouvernementale (à but non lucratif), telle qu'une œuvre de bienfaisance ou une organisation de développement.

4.9

R&D

Recherche et développement.

5. Principes de test généraux

5.1 But des tests spécifiés

La NILAM 03.40 décrit les catégories de tests au cours desquels peuvent avoir lieu le test et l'évaluation des équipements de déminage. Le présent accord AACEN s'applique à deux des quatre catégories mentionnées, les catégories « compte rendu de l'utilisateur » et « essai d'acceptation ».

- Un essai de type « compte rendu de l'utilisateur » vise à tester les équipements par rapport à des tests généraux normalisés, de sorte que les résultats soient d'un intérêt général pour les utilisateurs des détecteurs de métal.

- Un « essai d'acceptation » vise à tester les équipements par rapport aux exigences spécifiques d'un utilisateur, afin de lui permettre de prendre une décision d'achat, par exemple.

Le CW07 a été établi principalement pour répondre au besoin de normalisation des tests de type « compte rendu de l'utilisateur » [1]. Il est par exemple utile d'effectuer une comparaison générale des capacités de détection au moyen de cibles normalisées. De nombreux chapitres du présent accord sont également conçus pour être utilisés lors de tests par rapport à des exigences spécifiques ou des conditions locales spécifiques qui peuvent ou non faire partie des essais d'acceptation tels que définis ci-dessus. On peut, par exemple, mesurer la capacité de détection des détecteurs pour une cible d'intérêt particulière.

Les tests de la capacité de détection des cibles dans l'air et dans le sol sont conçus pour fournir des résultats comparatifs des performances des détecteurs de métal et sont menés dans des conditions contrôlées. Cela permet de mesurer par la suite l'influence de divers facteurs, tels que les conditions environnementales, par exemple. Ces tests fondamentaux de la capacité de détection sont très utiles, même lorsqu'ils sont effectués dans des conditions moins contrôlées, et ils sont utilisés comme référence tout au long du présent accord.

Des tests plus représentatifs des opérations de déminage humanitaire réelles sont souvent menés au niveau local dans les pays où les dispositifs sont destinés à être utilisés. Cela signifie qu'un détecteur de métal peut être testé dans des conditions similaires à celles qui sont susceptibles d'être rencontrées au cours de l'opération. Par leur nature même, ces tests sur le terrain ont tendance à être moins contrôlés, bien que des mesures appropriées soient prises afin de garantir que les tests décrits constituent une base de comparaison valable des performances des détecteurs.

Le tableau suivant contient une grille des tests décrits dans le présent AACEN, qui illustre la manière dont ces tests s'intègrent dans les différentes catégories précitées. Le tableau indique, par exemple, si les tests conviennent pour un compte rendu de l'utilisateur ou pour un essai d'acceptation, indépendamment du fait qu'ils aient été conçus comme des tests contrôlés (en laboratoire) ou comme des tests sur le terrain et qu'ils soient recommandés comme tests ouverts ou comme tests aveugles pour un résultat optimal.

Catégories de tests :

- de type « essai » : compte rendu de l'utilisateur (CRU) ou essai d'acceptation (EA) ;
- test ouvert (Ouv.) ou test aveugle (Av.) ;

- environnement du test : de type bien contrôlé en laboratoire (Lab.) ou environnement moins contrôlé de type terrain (Terr.) ;
- test effectué sur une cible dans l'air (Air) ou sur une cible dans le sol (Sol).

● dans le tableau signifie que le test est principalement destiné à cette catégorie ;

○ dans le tableau signifie que le test peut également servir pour cette catégorie.

Tableau 1 – Catégories de test

Par.	Test	Catégorie de test							
		CRU	EA	Ouv.	Av.	Lab.	Terr.	Air	Sol
6	Test de la capacité de détection dans l'air								
6.3.3 et 6.4.1	Test général – Mesure de la hauteur de détection maximale	●	●	●		●	●	●	
6.4.2	Vitesse de balayage – Déplacement mécanisé	●	○	●		●		●	
6.4.3	Vitesse de balayage – Déplacement manuel	●	○	●			●	●	
6.4.4	Répétabilité de la sensibilité de configuration	●	○	●		●	○	●	
6.4.5	Dérive de sensibilité	●	○	●		●	○	●	
6.5.2	Courbes de détection de cible minimale pour les billes en acier	●	●	●		●	●	●	
6.5.3	Courbes de détection de cible minimale pour d'autres métaux	●	○	●		●	○	●	
6.6	Capacité de détection de cibles spécifiques	●	●	●		●	●	●	
6.7.1	Mesure du profil de sensibilité (empreinte) – Méthode 1	●	○	●		●		●	
6.7.2	Mesure du profil de sensibilité (empreinte) – Méthode 2	●	○	●		●	○	●	
7	Immunité aux conditions environnementales et opérationnelles								
7.2	Orientation de la tête de détection et extension de la canne	●	○	●		●	○	●	
7.3	Humidité sur la tête de détection	●	○	●		●	○	●	
7.4	Températures extrêmes	●	○	●		●	○	●	
7.5	Chocs de température	●	○	●		●	○	●	
7.6	Sensibilité au cours de la durée de vie de la pile	●	●	●		●	○	●	
7.7	Effet des interférences EM/RF	●	○	●		●		●	
8	Capacité de détection des cibles enfouies dans le sol								
8.2	Cible minimale détectable en fonction de la profondeur	●	●	●		●	○		●

Par.	Test	Catégorie de test							
		CRU	EA	Ouv.	Av.	Lab.	Terr.	Air	Sol
8.3	Capacité de détection de cibles spécifiques dans le sol	●	●	●		●	○		●
8.4	Test de détection à une profondeur fixe	●	●	●		○	●		●
8.5	Test de fiabilité de la détection	●	●		●		●		●
8.6	Tests supplémentaires de fiabilité de la détection	●	●		●		●		●
9	Caractéristiques de performance opérationnelle								
9.2	Précision de la localisation des cibles	○	●		●	○	●	●	○
9.3	Détermination de la forme des cibles	○	●		●	○	●	○	●
9.4	Pouvoir de résolution de cibles adjacentes	○	●		●	○	●		●
9.5	Influence de milieux spécifiques sur la détection		●	●		○	●		●
9.6	Détection à proximité de grands objets métalliques linéaires	○	●		●	○	●		●
9.7	Effet de sources d'interférence électromagnétique spécifiques		●	●			●	●	
9.8	Interférences mutuelles entre détecteurs	○	●	●		○	●	●	
10	Évaluation des aspects ergonomiques et opérationnels								
10.1.1	Tests de résistance aux chocs et aux secousses	●	○	●		●		●	
10.1.2	Tests de résistance aux chutes	●	●	●			●	●	
10.3	Interchangeabilité des pièces	○	●	●		○	●	●	

5.2 Directives pour l'évaluation sur le terrain

5.2.1 Généralités

De nombreux tests mentionnés dans ce document ont été conçus pour évaluer les détecteurs de métal dans le cadre de tests sur le terrain, par exemple pour sélectionner des détecteurs avant leur acquisition. Ce type de test s'inscrirait principalement dans la catégorie « essai d'acceptation », telle que définie dans la NILAM 03.40.

Les résultats des tests en laboratoire ou dans une autre situation de terrain, éloignée du site de la dépollution, fournissent des éléments essentiels à la présélection de détecteurs appropriés qui seront ensuite testés par un utilisateur particulier. Toutefois, les conditions locales spécifiques dans lesquelles doit avoir lieu le déminage humanitaire créeront des exigences précises – peut-être plus contraignantes que celles qui étaient réunies lors des tests préalables. C'est pourquoi il faut normalement procéder à une évaluation des détecteurs de métal sur le terrain avant toute sélection finale d'un détecteur de métal.

Les tests effectués lors de l'évaluation sur le terrain peuvent venir confirmer les résultats de tests précédents menés dans des environnements plus contrôlés. Les tests en laboratoire ne cherchent cependant pas à reproduire les nombreuses variables et conditions rencontrées lors des opérations de déminage à travers le monde. C'est pourquoi il est de la responsabilité de l'utilisateur final d'évaluer la pertinence des résultats en fonction des conditions locales particulières. On peut dès lors considérer le test sur le terrain comme un « test de confiance », mais qui peut également fournir de nombreuses informations d'intérêt.

Les tests sur le terrain sont destinés à :

- évaluer la performance des détecteurs dans les conditions du terrain de l'utilisateur potentiel ;
- fournir aux utilisateurs la possibilité d'évaluer leurs préférences ergonomiques et la facilité d'utilisation réelle ;
- renforcer la confiance dans la capacité de tout détecteur choisi à répondre aux besoins de de l'utilisateur en matière de performances ;
- permettre d'évaluer la pertinence sur le terrain des résultats obtenus lors des tests préalables ;
- enrichir les connaissances existantes concernant la capacité de détection des combinaisons connues entre le détecteur, la cible et le sol.

5.2.2 Présélection de détecteurs

Au moment de procéder à un essai d'acceptation dans le but de sélectionner les meilleurs détecteurs ou des détecteurs susceptibles de répondre aux besoins particuliers d'un utilisateur, on peut utiliser les résultats précédents de tests en laboratoire et d'évaluations sur le terrain réalisés par d'autres groupes d'utilisateurs pour créer une liste des détecteurs à tester. Le principal critère de présélection sera souvent la capacité de détecter des cibles pertinentes dans des conditions appropriées (par exemple, un sol aux caractéristiques similaires).

5.2.3 Répétabilité des tests sur le terrain

On procède à des évaluations sur le terrain afin de déterminer les performances des détecteurs dans des conditions locales spécifiques. Néanmoins, les tests doivent être effectués de manière usuelle et reproductible afin que les résultats présentent une large utilité et puissent être utilisés par d'autres groupes à des fins de comparaison, ou par le même groupe à une date ultérieure. Les prescriptions de ce document en matière de tests et de compte rendu, si elles sont respectées, garantissent la possibilité d'établir des comparaisons.

5.2.4 Contenu des tests sur le terrain

Les tests à effectuer lors d'un essai d'évaluation sur le terrain sont définis au paragraphe 5.1, dans la colonne « Terrain » du tableau 1. Ce tableau indique également les tests indispensables qui devraient normalement être mis en oeuvre, comme un minimum, lors de tout essai.

5.3 Performances des détecteurs de métal

La caractéristique la plus importante de la performance des détecteurs de métal est leur capacité à détecter des objets métalliques à distance. Plus l'objet métallique est petit et plus il est éloigné de la tête de détection du détecteur, plus faibles sont les chances que l'objet soit détecté. On utilise donc la relation entre la taille (et la forme, l'orientation et le matériau) d'un objet métallique et la distance à laquelle il peut être détecté pour déterminer la performance des détecteurs.

Dans ce document, on mesure la capacité de détection en termes de hauteur maximale de la tête du détecteur au-dessus d'une cible de test métallique donnée à laquelle la cible peut être détectée. Par voie de conséquence, on peut aussi exprimer la capacité de détection comme la cible minimale (en termes de taille, de forme et de matériau) pouvant être détectée à une hauteur donnée au-dessus de la cible (et dans une orientation donnée).

Mais il ne suffit pas de maximiser la capacité de détection d'un détecteur à détecter des objets éloignés ou de petite taille pour optimiser les performances de détection lors du déminage. Tous les détecteurs sont soumis à une certaine quantité de bruits non désirés provenant, par exemple, de champs électromagnétiques externes, de l'électronique de l'instrument lui-même et des propriétés électromagnétiques du sol sur lequel le détecteur est utilisé. L'évaluation de la performance du détecteur prend donc ces effets en compte, en particulier le dernier. La capacité de détection de cibles métalliques à une profondeur contrôlée dans le sol constitue le fondement à partir duquel des comparaisons peuvent être établies entre les détecteurs.

5.4 Géométrie du test

Dans les tests présentés, la convention adoptée pour décrire la configuration géométrique du détecteur, de la cible et leur mouvement relatif est basée sur celle d'un détecteur dans des conditions d'utilisation normales sur le terrain. Selon cette convention, la cible doit être fixe et le détecteur doit passer d'un côté à l'autre (transversalement) au-dessus de la cible, le plan de la tête de détection du détecteur étant maintenant à l'horizontale, c'est-à-dire parallèle au sol. Les termes utilisés dans les descriptions des tests doivent être compris comme s'appliquant à cette configuration classique.

Si un détecteur est conçu de telle manière que son mode normal d'utilisation diffère de la convention ci-dessus, les tests doivent être modifiés en conséquence. Par exemple, si un détecteur balaie d'avant en arrière lors d'une utilisation normale, il doit être utilisé de cette façon pendant les tests.

Pour certains des tests décrits, il se peut s'avérer plus pratique d'utiliser une configuration différente, par exemple de garder le détecteur fixe et de déplacer la cible. Lorsque de telles configurations sont utilisées, elles doivent être physiquement équivalentes à la configuration classique. Par exemple, il faudrait tenir compte de l'effet que pourrait avoir le fait de balayer la tête de détection d'un détecteur à travers le champ magnétique de la Terre.

La hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible doit être mesurée entre la **face inférieure** de la tête de détection et le **haut** de la cible. La figure 1 illustre la convention de coordonnées.

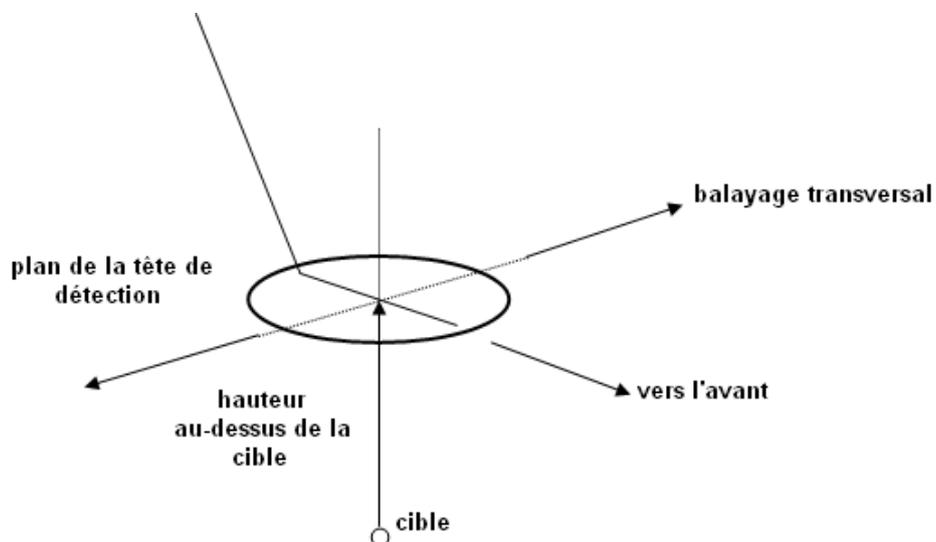


Figure 1 – Convention de coordonnées pour le test des détecteurs de métal

Pour les tests de détection dans le sol, la hauteur de balayage du détecteur est mesurée entre la face inférieure de la tête de détection et le niveau du sol. La profondeur de la cible est mesurée entre le niveau du sol et le haut de la cible (voir figure 2). La hauteur totale de la tête de détection au-dessus de la cible est par conséquent égale à la hauteur de balayage plus la profondeur de la cible. Pour les tests de détection dans l'air, la hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible est mesurée directement.

REMARQUE : Lorsque l'on compare les tests dans le sol avec ceux dans l'air, il faut prendre en compte la hauteur de balayage au-dessus du sol. Il est donc possible que la « profondeur de cible équivalente » d'un test dans l'air soit négative.

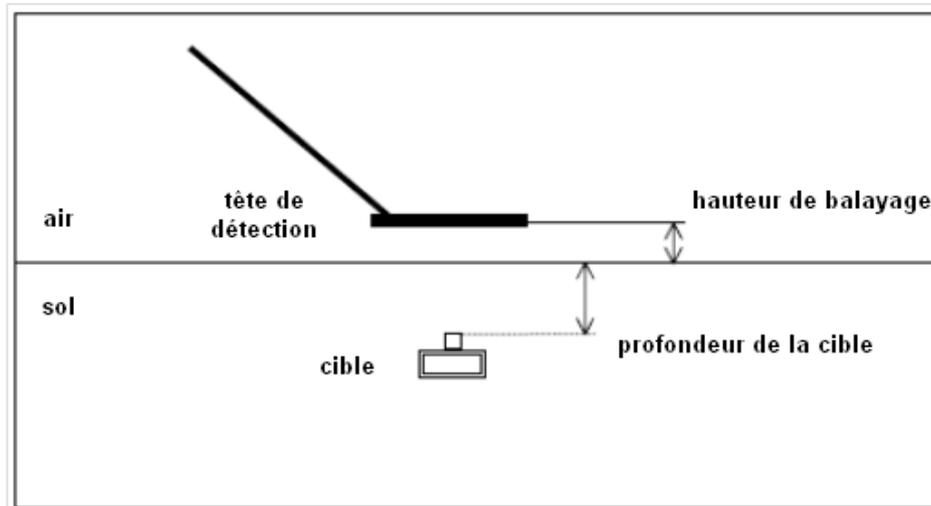


Figure 2 - Géométrie des tests de détection de métaux

5.5 Critère de détermination de la détection

Ce document s'applique aux détecteurs de métal portatifs du genre de ceux qui sont utilisés dans l'action humanitaire contre les mines. La plupart de ces détecteurs sont conçus pour être faciles à utiliser dans des conditions pénibles, par des opérateurs ne possédant pas un haut degré de formation technique. La détection de métal est donc généralement indiquée par un simple signal sonore. Sur le terrain, il revient à l'opérateur entraîné d'interpréter si le son qu'il entend constitue une indication d'alarme. Afin de refléter la situation réelle sur le terrain, les tests requérant la détection d'une cible qui sont décrits dans le présent document se fondent également sur la reconnaissance de l'alarme par l'opérateur.

De nombreux tests mentionnés dans ce document nécessitent que soient déterminées les conditions dans lesquelles le détecteur détecte à peine une cible. À des niveaux de signal aussi faibles, l'indication d'alarme peut être intermittente. Il faut alors faire preuve de jugement afin d'estimer si une cible a ou n'a pas été détectée, par exemple en déterminant la distance maximale à laquelle la détection d'une cible est possible.

La personne qui effectue les tests doit d'abord se familiariser avec l'indication d'alarme de détection de chaque détecteur testé.

Lors des tests décrits dans le présent document, on utilise comme recommandation le critère de détection tel qu'il figure dans le manuel ou tel qu'indiqué par le fabricant, dans la mesure où il est compatible avec le critère ci-dessous.

Le critère de détection est rempli lorsque le détecteur produit une indication d'alarme régulière, non intermittente, reproductible dans les mêmes conditions et audible par une personne dotée d'une audition normale (en ce qui concerne les alarmes sonores).

5.6 Cibles de test

La plupart des fabricants fournissent une cible de test métallique qui permet de vérifier le fonctionnement adéquat de leur détecteur. Les cibles de test fournies ne sont cependant pas normalisées. Certains fabricants utilisent une bille métallique, d'autres une broche ou une plaque d'aluminium. Il est bien connu que la distance à laquelle un objet métallique peut être détecté par un détecteur de métal dépend de taille de l'objet, de sa forme, de son matériau et de son orientation (entre autres paramètres). Ainsi, le choix d'un ensemble de cibles commun et adapté revêt une importance primordiale lorsqu'il s'agit de comparer les performances des différents détecteurs et les résultats des tests menés à différents moments et par différents organismes.

Ce document spécifie des cibles de test pour chaque test. Les cibles utilisées peuvent comprendre les catégories suivantes :

- 1) Cibles géométriques simples ;
- 2) Cibles conçues pour imiter les composants métalliques des mines ;
- 3) Cibles de test conçues pour imiter une mine entière (générique ou spécifique) ;
- 4) Cibles constituées par des composants métalliques de mines ou de munitions non explosées (MNE) réelles ;
- 5) Cibles constituées par des mines ou des MNE réelles.

Dans ce document, la distinction la plus importante est celle qui existe entre le premier type de cible et les autres types. Les cibles du premier type ne sont pas « réalistes » dans la mesure où elles ne sont pas destinées à produire une réponse similaire à celle d'une mine. On peut toutefois utiliser des formes géométriques simples pour des séries de cibles de test paramétriques de même forme, mais de taille différente. On peut utiliser des cibles de test paramétriques pour mesurer la taille de la cible minimale détectable en fonction de la hauteur du détecteur au-dessus de la cible - les cibles plus grandes étant détectées à une plus grande hauteur.

Tous les autres types de cibles peuvent être utilisés de la même manière. On peut mesurer la hauteur maximale à laquelle la cible est détectée, ou on peut enregistrer si une indication d'alarme se produit à une hauteur donnée du détecteur au-dessus de la cible ou à une profondeur donnée de la cible dans le sol.

L'annexe B décrit les caractéristiques détaillées des cibles à utiliser.

5.7 Exigences en matière d'enregistrement des résultats des tests

Toutes les données pertinentes relatives à un test doivent être enregistrées et, entre autres, en fonction du test effectué :

- 1) La marque, le modèle, le numéro de série et la version du programme d'exploitation (logiciel) du détecteur, lorsque ces informations sont disponibles ;
- 2) Les paramètres de détection (le cas échéant) ;
- 3) L'opérateur du détecteur ;
- 4) La date, l'heure de début et l'heure de fin du test ;
- 5) Les caractéristiques détaillées de la cible, y compris les dimensions, les matériaux et des croquis le cas échéant ;
- 6) La vitesse de balayage ;
- 7) La hauteur de détection maximale dans l'air ;
- 8) Les conditions environnementales : température, humidité, conditions météorologiques (le cas échéant) ;
- 9) Le type, l'état et les propriétés du sol (voir section 8.1.4) ;
- 10) La hauteur de balayage de la tête de détection au-dessus de la surface du sol ;
- 11) Les profondeurs d'enfouissement de la cible (du haut de la cible à la surface du sol).

6. Tests de la capacité de détection dans l'air

6.1 Principes généraux

Les tests décrits ci-dessous visent à examiner la capacité du détecteur de métal à détecter des objets métalliques dans l'air et à évaluer comment cette capacité est influencée par divers paramètres reflétant les conditions qui peuvent être rencontrées lors de l'utilisation sur le terrain. Dans un environnement de terrain et en particulier lorsque le détecteur de métal est utilisé au-dessus du sol, il est difficile, voire impossible, de contrôler toutes les variables qui peuvent affecter un détecteur. Les tests dans l'air peuvent toutefois être réalisés dans un environnement contrôlé, de manière à permettre de distinguer les effets des différentes variables. Bien que la capacité d'un détecteur à détecter des objets dans l'air n'indique pas directement sa capacité à détecter des objets enfouis dans le sol, ces tests contrôlés sont essentiels pour pouvoir établir une comparaison objective des performances. De plus, ces tests fournissent des informations nécessaires pour comprendre les performances du détecteur sur le terrain.

Les tests décrits dans cette section permettent de mesurer la capacité de détection du détecteur dans des conditions connues et contrôlées. Les tests constatent si la détection est possible ou non dans les conditions prévues. Il n'est procédé à aucun test de nature statistique qui évaluerait les probabilités de détection.

Il est fait mention de procédures de tests faisant appel à des ensembles de cibles similaires mais de tailles différentes afin de déterminer dans quelle mesure la capacité de détection varie en fonction de la hauteur au-dessus de la cible. Les courbes ainsi produites peuvent être utilisées comme mesure de référence lors de tests ultérieurs dans le sol. Cette méthode permet aussi de mesurer la sensibilité relative à différents métaux.

Sont également exposées des procédures de tests permettant de mesurer le profil de sensibilité (la façon dont la capacité de détection varie avec la position sous la tête de détection).

Étant donné que l'on se base sur la distance de détection maximale pour mesurer la capacité de détection, l'opérateur doit pouvoir reconnaître une indication d'alarme pour cette mesure (voir 5.5). Ce principe s'applique dans tous les tests.

Les tests décrits ci-dessous sont de préférence menés dans un environnement contrôlé en laboratoire. Toutefois, de nombreux utilisateurs n'ayant pas accès à ce type d'installations peuvent vouloir effectuer des tests similaires dans des conditions moins contrôlées, par exemple sans balayage mécanisé ou sans contrôle de la température. Bon nombre des tests décrits dans cette section donnent également de précieuses informations dans des conditions moins contrôlées et même sur le terrain. Des tests dans l'air simplifiés sont donc décrits lorsqu'il y a lieu.

Les tests présentés dans la section 9 « Caractéristiques de performance opérationnelle » sont principalement destinés à des environnements de terrain. Toutefois, certains de ces tests fournissent également des informations utiles lorsqu'ils sont effectués dans l'air, dans un environnement de laboratoire contrôlé tel que décrit ci-dessous.

6.2 Équipement

6.2.1 Équipement pour les tests contrôlés en laboratoire

Les tests en laboratoire nécessitent une surface de test utilisable d'au moins 1 m de long et de large à l'intérieur du laboratoire. Il faut prendre des dispositions afin de pouvoir élever le détecteur à une hauteur d'au moins 1 m au-dessus du plancher ou du sol.

La structure du laboratoire doit être telle qu'aucune partie métallique de la structure ne se trouve à proximité de la tête de détection du détecteur. À titre indicatif, toute pièce métallique doit se trouver, pendant toute la durée du test, à plus de 2 m du bord de la tête de détection, ou à une distance minimale équivalant à 5 fois le diamètre de la tête de détection. De préférence, le laboratoire devrait être construit dans des matériaux non conducteurs. Si l'on n'est pas certain qu'un objet métallique se trouve assez loin, il faut procéder à un test simple afin de vérifier que l'objet ne déclenche pas l'alarme du détecteur lorsque ce dernier est réglé sur son niveau le plus sensible.

AACEN 14747:2003 (F)

Lors de la sélection des matériaux destinés à la fabrication de l'équipement, il convient de tenir compte du fait que certains matériaux isolants ont tendance à conserver une charge statique élevée, ce qui peut perturber le fonctionnement du détecteur de métal. Il peut être nécessaire d'effectuer des tests pour vérifier que les matériaux utilisés ne provoquent pas de tels problèmes (voir 7.7).

Pour tous les tests, à l'exclusion des tests environnementaux, la température doit être maintenue constante (à $\pm 1,5$ °C) entre 18 et 25 °C pendant toute la durée du test. La température réelle doit être consignée. Il convient d'éviter les conditions dans lesquelles se produit une condensation de l'humidité.

Les tests environnementaux répondent à des conditions spécifiées dans les sections y afférentes (7.4, 7.5). La régulation de température du laboratoire utilisé pour ces tests doit pouvoir ménager une plage de températures suffisante pour répondre aux conditions spécifiées.

Pour les tests dans l'air, le détecteur doit être passé au-dessus d'une variété de cibles à des hauteurs et à des vitesses de balayage différentes. Pour les tests contrôlés en laboratoire, le détecteur testé doit être monté sur un système mécanique permettant d'effectuer des balayages en arc ou linéaires bidirectionnels d'au moins 1 m de long. Si l'on utilise des balayages en arc, le rayon de l'arc doit être d'au moins 1,5 m. Il doit être possible de maintenir une vitesse de balayage constante (variation de $\pm 10\%$ de la vitesse), pouvant être réglée de 0,1 à 1 m/s. Pour pouvoir analyser le profil de sensibilité, il faut une capacité supplémentaire qui permette d'effectuer des balayages bidimensionnels. Il est nécessaire d'utiliser un porte-cibles permettant de modifier facilement la hauteur de détection au-dessus de la cible (dans une fourchette de 0 à 1 m). Le porte-cibles doit maintenir la cible à au moins 0,3 m au-dessus du plancher ou du sol, car certains matériaux utilisés pour les planchers et certains sols apparemment anodins peuvent avoir une influence sur les détecteurs de métal. Un dispositif de balayage adéquat est illustré à titre d'exemple dans la figure 3.

Le matériel doit être capable de mesurer la vitesse et la position du détecteur pendant son déplacement.

Les moteurs électriques ou autres dispositifs électriques doivent être placés de manière à respecter les distances minimales indiquées ci-dessus et ne doivent pas provoquer d'interférences électriques ou magnétiques avec les détecteurs testés. Il peut être nécessaire de procéder à des tests afin d'établir si les dispositifs électriques perturbent le détecteur et de déterminer les distances spécifiques auxquelles ces appareils devraient être placés par rapport au détecteur.

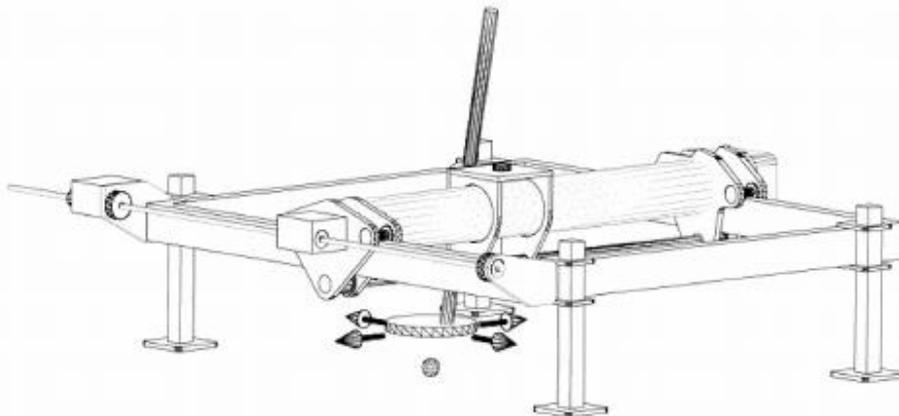


Figure 3 - Exemple de dispositif de balayage

Selon une option de mesure du profil de sensibilité décrite au paragraphe 6.7.1, la sortie (audio) de l'alarme du détecteur est enregistrée en même temps que la position horizontale de la tête de détection par rapport à la cible. Cette fonction requiert un équipement approprié (ordinateur, interfaces et logiciels).

Les cibles de test à utiliser sont choisies parmi celles qui figurent à l'annexe B. On utilise, en particulier, des ensembles de cibles de test paramétriques, c'est-à-dire des billes métalliques (B.1) et des cibles de test qui simulent les composants métalliques de mines classiques (B.2).

Le test d'humidité requiert un vaporisateur (env. 1 litre) équipé d'une buse permettant de varier la taille des gouttelettes.

6.2.2 Équipement pour les tests moins contrôlés

Pour les tests simplifiés, menés dans des conditions moins contrôlées, le dispositif de balayage mécanisé de laboratoire peut être remplacé par un appareil manuel. La méthode utilisée doit permettre d'effectuer des balayages en maintenant le détecteur à une hauteur constante par rapport à la cible. La hauteur de détection maximale doit pouvoir être mesurée au centimètre près.

Une option consiste à utiliser un gabarit pour faire passer manuellement la cible sur la tête de détection. À cet effet, on peut placer la tête de détection à l'envers, la faire reposer sur un matériau non métallique à faible électricité statique, et poser un morceau de bois au-dessus du centre de la tête de détection pour combler les espaces vides des têtes qui ne sont pas pleines. La tête de détection doit être tenue à au moins 1,5 m de tout autre objet métallique que la cible de test.

Comme porte-cibles, on peut, par exemple, utiliser une règle en plastique ou en bois munie sur un côté d'un adhésif double face permettant de tenir la cible à une distance fixe tandis que l'on fait passer la règle verticalement au-dessus de la tête de détection horizontale. Le ruban adhésif double-face permet de régler sans difficulté la hauteur de la cible.

Pour des cibles plus grandes ou plus lourdes, on peut utiliser une sorte de chariot afin de déplacer les cibles en douceur au-dessus de la tête de détection.

La figure 4 de la page suivante illustre à titre d'exemple un gabarit non métallique simple qui permet de modifier la hauteur du détecteur au-dessus de la cible – dans le cas présent, selon la configuration classique où les cibles sont fixes et le détecteur en mouvement. Dans ce schéma, on peut mettre à zéro le haut de chaque cible utilisée avant d'effectuer la mesure afin de pouvoir lire la hauteur au-dessus de la cible directement sur un repère gradué. L'utilisation d'un tel gabarit permet d'assez bien contrôler et de facilement reproduire les tests manuels.

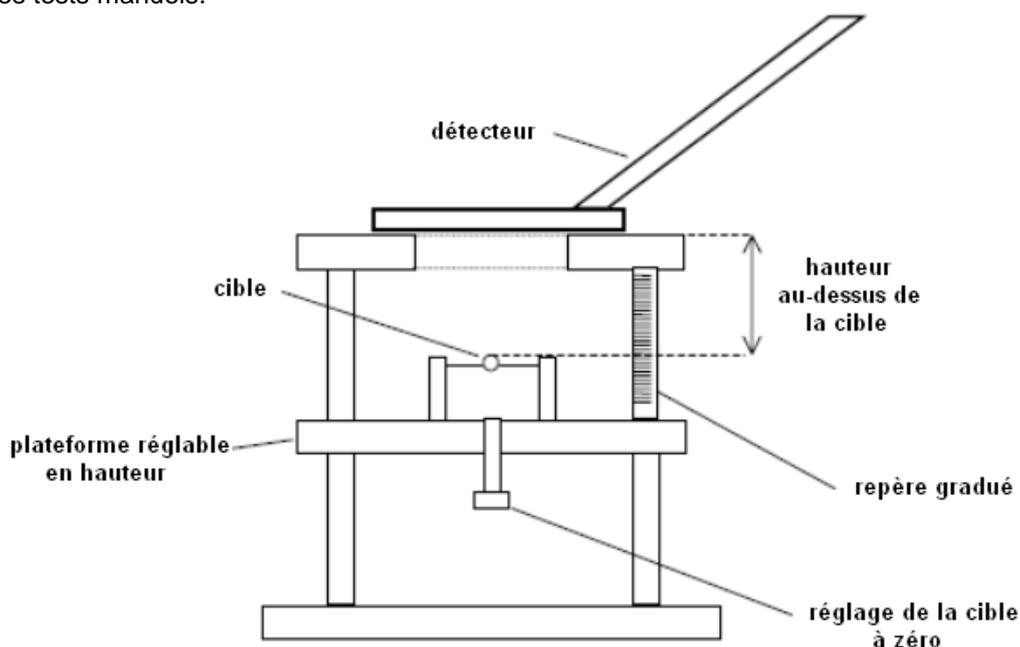


Figure 4 - Gabarit pour la mesure manuelle de la hauteur de détection maximale

L'opérateur doit tenter de maintenir une vitesse de balayage constante tout au long du test. Toutefois, il est difficile d'appliquer des vitesses de balayage constantes et connues avec cette méthode. On remarque parfois des variations de la sensibilité du détecteur qui sont dues aux effets de la vitesse de balayage. Il est recommandé d'utiliser un métronome ou un dispositif similaire pour faciliter le maintien d'une vitesse de balayage constante donnée.

Lorsqu'il n'est pas possible de disposer d'un lieu de travail à température contrôlée, il convient de noter la température à laquelle le test a été effectué. Lorsque le test ne peut être effectué à l'intérieur, il faut utiliser, autant que possible, une zone ombragée à l'écart des autres activités.

6.3 Procédures générales

Les tests de la capacité de détection dans l'air sont basés sur la détermination de la hauteur de détection maximale, depuis le bas de la tête de détection du détecteur jusqu'au sommet de la cible (dans la configuration classique - voir section 5.4), à laquelle la cible peut être détectée.

On passe le détecteur au-dessus de la cible à une vitesse de balayage constante choisie. On modifie la hauteur du détecteur au-dessus de la cible jusqu'à pouvoir déterminer la hauteur maximale à laquelle se produit une indication d'alarme. La section 5.5 définit le critère qui sera utilisé par l'opérateur pour décider ce qui constitue une indication d'alarme. Certains détecteurs produisent un signal de transition distinct entre « alarme » et « pas d'alarme » dans les limites d'une distance de 10 mm, tandis que d'autres détecteurs présentent une plage de 20 à 30 mm dans laquelle il peut être difficile de déterminer s'il y a eu détection ou non. C'est pourquoi il est pratique d'augmenter la hauteur du détecteur au-dessus de la cible par paliers de 10 mm. Les augmentations de hauteur prévues dans les tests que décrit le présent document sont inférieures ou égales à 10 mm.

Pendant tous les tests, il convient d'observer le fonctionnement du détecteur en continu afin de s'assurer qu'il se comporte correctement, sans interférences électromagnétiques dues aux télécommunications ou au transport d'énergie, etc., et que d'autres objets ou la procédure de test ne déclenchent pas d'indications d'alarme ou n'entraînent d'autres problèmes.

Lors des tests simplifiés, menés dans des environnements moins contrôlés, il faut porter une attention accrue à des aspects tels que la présence de métal, de sources d'interférences électromagnétiques et radiofréquences, y compris mais pas seulement, de lignes électriques et de transformateurs, de stations de radiodiffusion (radio et télévision) et de stations radars.

Le détecteur doit être configuré conformément à la procédure décrite dans le manuel d'utilisation et utilisé conformément aux instructions données dans le manuel du fabricant. Le détecteur doit être configuré (le cas échéant) dans un mode approprié, c'est-à-dire le mode dans lequel la capacité de détection doit être mesurée. La sensibilité et d'autres paramètres (le cas échéant) doivent être consignés.

Afin de garantir le fonctionnement adéquat de l'appareil, on commence par effectuer un contrôle à l'aide de l'élément de test du fabricant (s'il est fourni), qui permettra de confirmer la détection à la distance prescrite. Ce contrôle vise uniquement à s'assurer que le détecteur fonctionne correctement, conformément aux exigences du fabricant, avant les tests - par exemple lorsque les tests sont utilisés pour obtenir des données sur la performance d'un modèle particulier de détecteur.

6.3.1 Préparation et montage du détecteur

On équipe le détecteur de piles d'un type adéquat et dans un état approprié. Les piles rechargeables doivent avoir été suffisamment chargées avant le début de chaque test. Le détecteur ne doit pas être mis sous tension immédiatement, puisque certains tests exigent de commencer avec un détecteur « froid ».

On fixe le détecteur sur le dispositif de balayage mécanique (le cas échéant) de manière à permettre une vitesse de balayage maximale sans que le détecteur soit soumis à des contraintes excessives. Le chemin de câbles doit être placé de façon qu'il n'accroche ni ne coince aucune partie de la structure et n'exerce aucune contrainte excessive sur le câble. Ceci s'applique également aux autres pièces du détecteur.

Le plan de la tête de détection doit être maintenu parallèle au plan de balayage. L'angle formé entre la tête de détection et la canne ne doit pas être modifié pendant le test.

6.3.2 Alignement de la cible sur le détecteur

On choisit la cible à utiliser et on la place sur le porte-cibles selon une orientation correcte. On règle la position de la cible et de la tête de détection du détecteur de manière à garantir que la trajectoire de balayage requise sera suivie et que la hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible sera maintenue.

Les détecteurs peuvent être équipés d'une simple bobine circulaire dans la tête de détection ou d'agencements non circulaires et à plusieurs bobines, plus complexes. L'emplacement de sensibilité maximale à une cible varie en fonction de la conception de la tête de détection. On mesure la sensibilité de détection (la hauteur de détection maximale) en faisant passer la partie la plus sensible de la tête de détection au-dessus de la cible. La sensibilité maximale peut se situer au centre géométrique ou sur les bords de la tête de détection, ou à d'autres endroits en fonction de la cible et de la hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible. C'est pourquoi il peut être nécessaire d'effectuer certains tests afin de déterminer la position de cible la plus appropriée. La section 6.7 donne des détails sur la façon de mesurer le profil de sensibilité complet, ou empreinte. Toutefois, dans les tests décrits, un simple test manuel à la hauteur requise s'avère suffisant pour déterminer l'endroit où la sensibilité est maximale. Il est recommandé aux fabricants de fournir des informations sur l'endroit de sensibilité maximale de la tête de détection.

Lorsque l'alignement de la cible sur le détecteur est terminé, on peut faire passer une partie spécifique de la tête de détection au-dessus de la cible dans les deux sens. Il faut pouvoir régler la hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible en gardant le plan de la tête de détection parallèle au plan de balayage.

Pour les tests manuels, il peut être utile de marquer les positions d'intérêt sur la tête de détection afin de maintenir un alignement correct.

6.3.3 Mesure de la hauteur de détection maximale

La procédure suivante décrit comment mesurer la hauteur de détection maximale pour n'importe quelle cible.

Cette procédure consiste à : passer le détecteur au-dessus de la cible et régler la hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible jusqu'à l'obtention d'une indication d'alarme signalant que la cible a été détectée ; passer la tête de détection sur la cible au moins cinq (5) fois afin de déterminer si la détection est indiquée de manière constante à cette hauteur (section 5.5) ; augmenter la hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible par paliers (de 10 mm max.) jusqu'à ce que la détection ne soit plus indiquée de manière constante par les balayages répétés. La position précédente constitue la hauteur de détection maximale. L'annexe D.1 contient un exemple de formulaire de test.

Il convient d'estimer la précision avec laquelle la hauteur de détection maximale peut être mesurée. Cette estimation doit prendre en compte l'incertitude liée à l'appréciation de la limite de détection et à la réalisation de la mesure. Cette estimation de précision doit être consignée – elle devrait être comprise dans une marge de ± 10 mm.

Certains modèles de détecteur possèdent une fonction « remise à zéro », « réinitialisation audio » ou analogue que l'on peut être amené à utiliser pendant le test. Ces fonctions ne prennent que quelques secondes et ne nécessitent habituellement pas de contrôle de confirmation de la sensibilité. Si ces fonctions satisfont aux exigences (conformément aux instructions du fabricant) et n'exigent qu'un effort minimal de la part l'opérateur, elles ne seront utilisées que lorsque la tête de détection est immobile et éloignée de la cible ou d'autres métaux. L'emploi d'une telle fonction doit à chaque fois être consigné.

6.4 Stabilité de la capacité de détection

6.4.1 Généralités

Les tests suivants décrivent comment évaluer la variation de performance des détecteurs de métal liée à toute une gamme de conditions opérationnelles et environnementales. Lors de chaque test, il faut utiliser la capacité de détection des détecteurs de métal telle que mesurée au paragraphe 6.3.3 ci-dessus pour quantifier cette performance.

La cible utilisée pour ces tests est une bille en acier chromé de 10 mm de diamètre tel que spécifié à l'annexe B, section B.1.

Afin d'obtenir des données susceptibles d'être comparées à des tests antérieurs [1], on peut réaliser les mesures de sensibilité au moyen de l' « insert ITOP M₀ » - un segment de tube en aluminium – tel que spécifié en B.2.

Pour chaque test seront consignés les éléments suivants : la marque, le modèle et le numéro de série du détecteur, la date, l'heure de début, l'heure de fin, la température à laquelle le test a été réalisé, la cible, la vitesse de balayage, la procédure de configuration du détecteur, chaque hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible ayant fait l'objet d'une évaluation, avec indication de « détection » ou « non-détection » de la cible à chaque hauteur, selon le cas.

Sauf indication contraire, les tests contrôlés en laboratoire doivent être effectués à température constante (18 à 25°C) tel que spécifié en 6.2.1.

6.4.2 Vitesse de balayage - Déplacement mécanisé

La vitesse à laquelle on passe la tête du détecteur au-dessus d'une cible influence la sensibilité telle que mesurée sur la base de la hauteur de détection maximale. Le but du test de la vitesse de balayage est de déterminer comment cette sensibilité varie en fonction de la rapidité avec laquelle on passe la tête de détection et de découvrir quelle est la vitesse optimale pour une meilleure sensibilité. On augmente la vitesse de balayage de 0,1 m/s à 1 m/s, par paliers de 0,1 m/s. Il faut tenir compte de l'accélération/décélération nécessaires à chaque extrémité du balayage afin que la vitesse de balayage soit conforme aux exigences prévues lorsque la tête de détection passe au-dessus de la cible, sans que le détecteur soit soumis à des contraintes excessives.

On configure le dispositif conformément aux sections 6.3.1 à 6.3.2, sur une vitesse de balayage minimale (0,1 m/s) ; on met le détecteur sous tension en prévoyant une période de réchauffement de 3 minutes ou le temps recommandé par le fabricant. ; on règle le détecteur selon les instructions du fabricant, sans effectuer d'autres réglages susceptibles d'en affecter la sensibilité. Il faut ensuite déterminer la hauteur de détection maximale de la cible de test conformément à la section 6.3.3 ; augmenter la vitesse de balayage de 0,1 m/s et répéter le processus de détermination de la hauteur de détection maximale ; continuer jusqu'à ce qu'ait été déterminée la hauteur de détection maximale avec une vitesse de balayage de 1 m/s ou au moins jusqu'à ce qu'ait été déterminée la vitesse de balayage maximale acceptable. Pour les détecteurs qui fonctionnent en mode statique, il faut également mesurer, si possible, la hauteur de détection maximale lorsque le détecteur est stationnaire. L'annexe D.2 présente un exemple de formulaire de test.

Toute variation de la hauteur de détection maximale en fonction de la vitesse de balayage doit être enregistrée sur un graphique comme dans la figure 5. Ce graphique contient deux courbes illustrant de manière schématique le comportement attendu des détecteurs en mode statique et des détecteurs en mode dynamique. Il faut déterminer et enregistrer la vitesse ou la plage de vitesses auxquelles le détecteur présente une sensibilité maximale. Cette vitesse de balayage sera utilisée lors des tests ultérieurs (6.4.4 à 7.7).

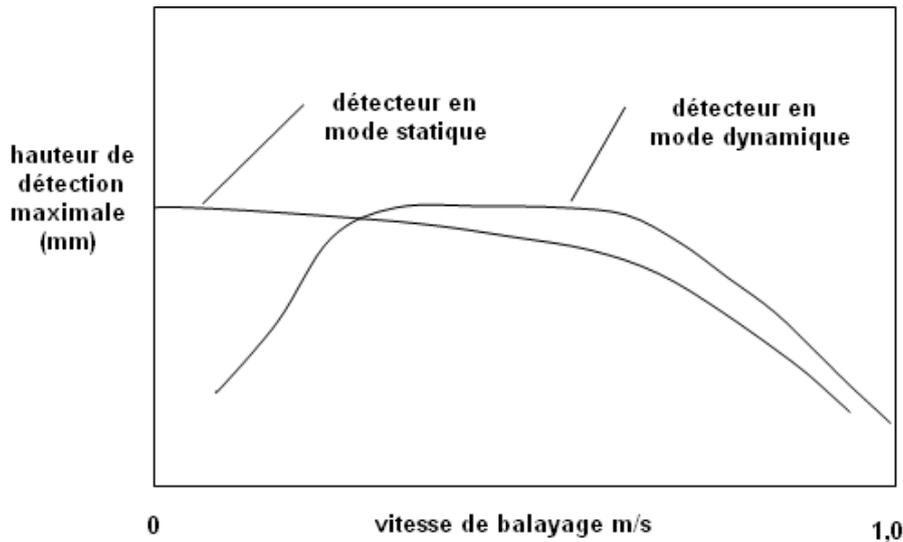


Figure 5 - Variation de la sensibilité en fonction de la vitesse de balayage

6.4.3 Vitesse de balayage - Déplacement manuel

L'objectif de ce test est de déterminer la variation de la sensibilité du détecteur en fonction de la vitesse de balayage et la vitesse de balayage optimale lorsque le détecteur est déplacé manuellement, c'est-à-dire de façon non mécanisée. Il existe, à cet effet, plusieurs manières de procéder. On peut envisager des configurations dans lesquelles le détecteur est fixe et la cible se déplace, pour autant que l'on puisse garantir que cette configuration sera physiquement équivalente au fait de déplacer le détecteur au-dessus de la cible. Une des méthodes consiste à suspendre la cible sur un simple pendule que l'on balance au-dessus d'une tête de détection tournée vers le haut. On peut varier la vitesse de la cible en modifiant le déplacement maximal et/ou la longueur du pendule.

Bien que le balayage manuel effectué par un opérateur ne permette pas d'atteindre une aussi grande précision que le balayage mécanisé, il est possible de varier et réguler la vitesse de balayage manuel à l'aide d'un métronome ou d'autres dispositifs de chronométrage.

La mesure sera effectuée et enregistrée conformément à la section 6.4.2 ci-dessus, avec indication de la méthode utilisée.

6.4.4 Répétabilité de la sensibilité de configuration

Pour obtenir des résultats cohérents et pour des raisons de sécurité, les opérateurs devraient éviter d'utiliser des détecteurs dont les performances changent de manière significative chaque fois que le détecteur est réglé ou configuré avant son utilisation. Dans le cas des détecteurs dont le processus de configuration est numérique et pour l'enclenchement desquels l'opérateur appuie tout simplement sur un bouton, les réglages consécutifs devraient essentiellement produire les mêmes résultats. On peut procéder à une configuration répétée tandis que le démineur travaille, ce test permettant de révéler une éventuelle absence de répétabilité susceptible de se produire dans une telle situation.

Le but du test de répétabilité est de déterminer la variation de la hauteur de détection maximale de la cible au cours des réglages et procédures successifs qui précèdent l'utilisation. La complexité de ces réglages et procédures peut aller du réglage d'une seule commande à celui d'une série de commandes et de sélections de commutateurs effectuées dans un ordre spécifique conformément aux manuels du fabricant et à la formation reçue, le cas échéant.

On configure le détecteur conformément aux sections 6.3.1 à 6.3.2 en fonction d'une cible de test, d'une vitesse de balayage appropriée et d'une hauteur de la tête de détection par rapport à la cible ; on met le

détecteur sous tension en prévoyant une période de réchauffement de 3 minutes ou le temps recommandé par le fabricant ; on règle le détecteur selon les instructions du fabricant sans effectuer d'autres réglages susceptibles d'affecter la sensibilité du détecteur. Il faut ensuite déterminer la hauteur de détection maximale de la cible de test conformément à la section 6.3.3 ; et répéter la procédure de configuration et la mesure de sensibilité. Ce cycle doit être répété à cinq reprises. Il faut ensuite enregistrer les hauteurs de détection maximales mesurées à chacun des cinq cycles de configuration successifs ; signaler toute variation observée et la comparer avec la variation attendue par rapport aux limites de précision du processus de mesure.

6.4.5 Dérive de sensibilité

Ce test permet de déterminer dans quelle mesure la capacité de détection d'un détecteur change au cours d'une même période d'utilisation. Les résultats ont une importance non négligeable sur le plan pratique, car si un détecteur souffre de dérives fréquentes, l'opérateur devra procéder à des réglages répétés.

L'objectif du test de dérive est de déterminer la variation de la hauteur de détection maximale de la cible sur une période de trois heures après qu'ont été effectués les réglages et les procédures qui précèdent l'utilisation. Le détecteur doit avoir été hors tension pendant trois heures au moins avant le début de ce test.

Il est à noter que lors de tests contrôlés en laboratoire, l'objectif de ce test est de mesurer la dérive en l'absence de tout changement de température ambiante. Lors de tests moins contrôlés, les effets de la dérive sont combinés avec les effets dus à un éventuel changement de la température ambiante.

On configure le détecteur conformément aux sections 6.3.1 à 6.3.2 en fonction d'une cible de test, d'une vitesse de balayage et d'une hauteur de la tête de détection par rapport à la cible appropriées ; on met le détecteur sous tension en prévoyant une période de réchauffement de 3 minutes ou le temps recommandé par le fabricant ; on règle le détecteur selon les instructions du fabricant, sans effectuer d'autres réglages susceptibles d'en affecter la sensibilité. On détermine ensuite la hauteur de détection maximale de la cible de test conformément à la section 6.3.3

Il convient de répéter le processus de détermination de la hauteur de détection maximale de façon continue ou toutes les trois minutes au moins pendant trente minutes, et ensuite toutes les 10 minutes pendant une durée totale de 3 heures. Pour déterminer la hauteur de détection maximale à chaque intervalle de temps prescrit, il peut être nécessaire de démarrer tôt chaque processus de mesure individuelle. La vitesse de balayage et le nombre de détections consécutives seront les principaux facteurs qui détermineront à quel moment précédant le temps prescrit il faut démarrer chaque mesure.

6.5 Cible minimale détectable en fonction de la hauteur

6.5.1 Objectifs

La façon dont un signal de réponse produit par une cible varie en fonction de la hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible diffère d'un détecteur à l'autre, selon la taille et la configuration de la bobine du détecteur. Il est donc préférable de caractériser la sensibilité du détecteur pour une gamme de hauteurs, plutôt que d'utiliser comme mesure de la sensibilité une seule hauteur de détection maximale avec une seule cible.

L'objectif de ce test est de mesurer la capacité de détection d'un détecteur alors qu'elle varie en fonction de la hauteur du détecteur au-dessus de la cible. On détermine donc la variation de la hauteur de détection maximale en fonction de la taille de la cible. À cet effet, on utilise un ensemble de cibles paramétriques (de tailles différentes, mais possédant la même forme et réalisées dans un même matériau) à partir duquel on produit une courbe de sensibilité de la distance de détection maximale en fonction de la taille de la cible. On peut de la sorte quantifier la capacité de détection à *une hauteur donnée* en termes de *taille minimum* de la cible détectée.

L'établissement de courbes de détection de cible minimale pour une même forme et différents matériaux permet de comparer la sensibilité relative d'un détecteur à différents matériaux.

6.5.2 Courbes de détection de cible minimale pour les billes en acier

Les cibles utilisées sont des billes en acier chromé tel que spécifié en B.1.

Pour créer la courbe de détection, on utilise au moins huit (8) billes, dont le diamètre est compris dans une plage de 4 mm à 15 mm. L'ensemble minimal est le suivant :

4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm, 10 mm et 15 mm de diamètre.

Si les distances de détection maximales mesurées avec ces billes ne couvrent pas la distance de détection maximale requise pour les applications de l'utilisateur, on élargit l'ensemble de cibles en ajoutant des billes plus grosses ou plus petites ou, le cas échéant, en utilisant d'autres billes tel que spécifié à l'annexe B.1. On peut également ajouter des billes d'un diamètre compris entre les diamètres spécifiés ci-dessus.

On effectue des balayages successifs à la vitesse de balayage optimale et à la hauteur de détection maximale déterminées conformément à la section 6.3.3. Un exemple de formulaire de test est fourni à l'annexe D.3.

Les données recueillies représentent la hauteur maximale en fonction de la taille de la bille. On indique toutefois les résultats sur un graphique illustrant la hauteur de détection maximale sur l'axe horizontal (X) et le diamètre des billes sur l'axe vertical (Y). On trace alors une courbe d'ajustement idéal qui relie les points du graphique.

La courbe ajustée définit la capacité de détection à n'importe quelle hauteur au-dessus de la cible, sur la base de la bille métallique minimale détectable à cette hauteur. Cette courbe est censée se présenter sous la forme de celle qui est illustrée à la figure 6 ci-dessous. L'incertitude estimée dans la mesure de la hauteur de détection maximale est représentée par des barres d'erreur horizontales.

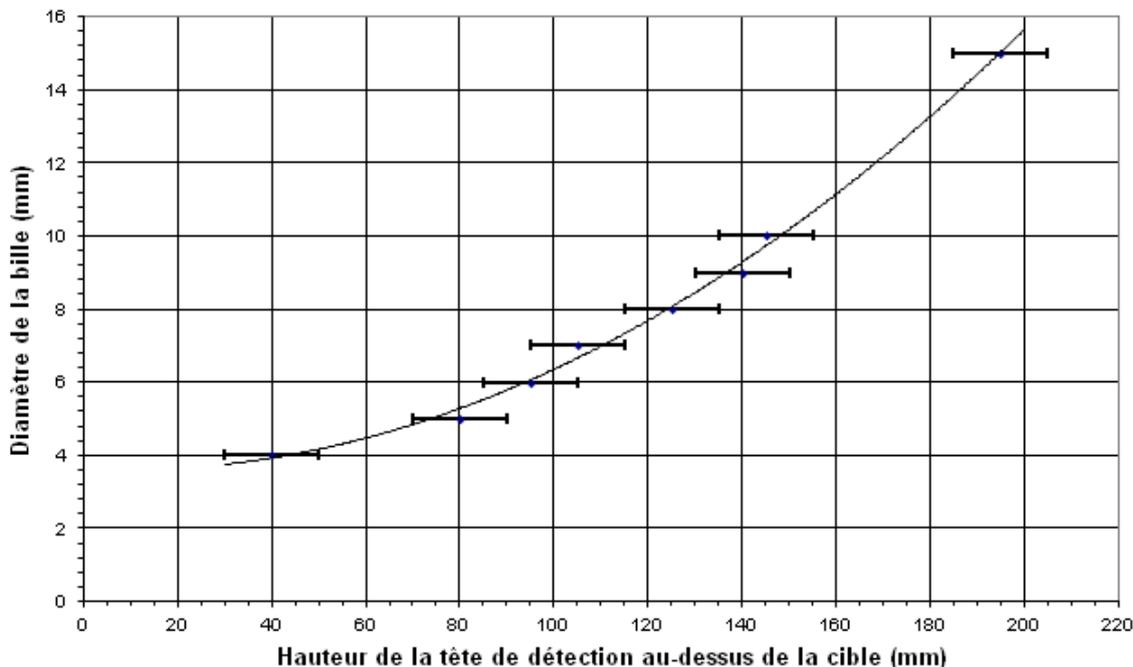


Figure 6 - bille en acier minimale détectable en fonction de la hauteur au-dessus de la cible

A partir de cette courbe, on peut définir la capacité de détection à 100 mm par une bille d'acier chromé minimale détectable d'environ 6,5 mm de diamètre.

6.5.3 Courbes de détection de cible minimale pour d'autres métaux

Les cibles utilisées sont des billes métalliques tel que spécifié dans la section B.1.

Dans cette mesure comparative de la capacité de détection, on utilise pour chaque métal un minimum de quatre (4) diamètres de bille couvrant toute la plage d'intérêt. Lorsque cela est possible, il faudrait utiliser des diamètres de bille à peu près égaux à ceux des billes en acier chromé utilisées en 6.5.2.

Pour chaque bille utilisée, on représente graphiquement le diamètre de la bille par rapport à la hauteur de détection maximale comme en 6.5.2 et on relie les points pour former une courbe.

Le graphique est censé se présenter sous la forme de celui qui est illustré à la figure 7 ci-dessous, où sont tracées les courbes de capacité de détection de billes en trois métaux différents. Par souci de clarté, les points de données n'apparaissent pas dans la figure.

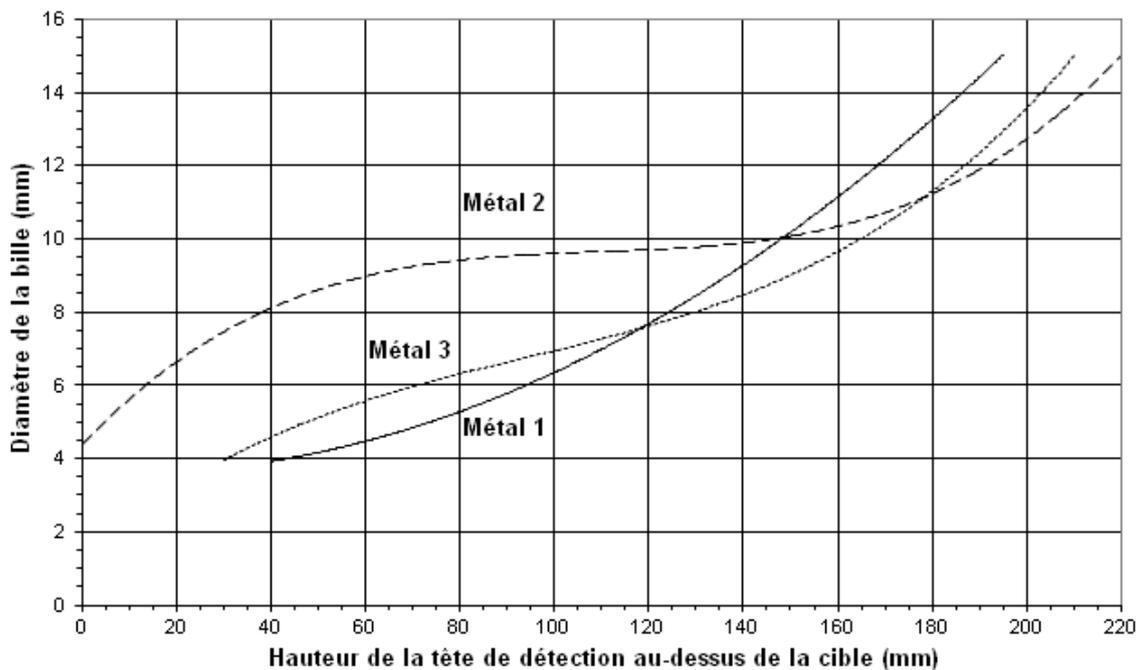


Figure 7 - Capacité de détection de trois métaux différents

6.6 Capacité de détection de cibles spécifiques

L'objectif de cette procédure est de déterminer la hauteur de détection maximale dans l'air d'une cible donnée pour le détecteur de métal et le réglage de sensibilité utilisés. Les cibles utilisées peuvent être des cibles réalistes standard (annexe B), des simulations de mines, des mines de substitution ou des mines réelles. La procédure permet, pour un réglage donné, de classer les cibles selon leur ordre de facilité de détection par un instrument particulier. Souvent, l'utilisateur a la possibilité d'effectuer des réglages qui modifient les caractéristiques de sensibilité du détecteur de métal. C'est pourquoi il faut consigner les réglages et la procédure de configuration de l'instrument utilisés lors du test.

Avec de nombreux détecteurs, il n'est pas possible d'atteindre, au-dessus de certains sols, le réglage de sensibilité maximale de l'instrument que l'on peut atteindre dans l'air sans que l'instrument produise une indication d'alarme constante. Il faut par conséquent modifier le réglage de l'appareil, ce qui en réduit souvent la sensibilité. Dans l'idéal, la caractérisation des cibles devrait s'effectuer avec le réglage habituellement utilisé pour les activités de détection des mines. À moins qu'il ne soit nécessaire de déterminer les caractéristiques de sensibilité pour un autre réglage spécifié, on configurera le détecteur de métal pour ce test conformément au manuel d'utilisation, afin qu'il fournisse une sensibilité maximale dans l'air.

La hauteur de détection maximale doit être déterminée pour chacune des cibles conformément à la section 6.3.3.

Pour déterminer la capacité de détection du détecteur par rapport à différents types de cibles réalistes, il faut mesurer la hauteur de détection maximale pour chacune des cibles de test « ITOP » [11] spécifiées sous B.2.

REMARQUE : Ne pas comparer les performances des détecteurs sur la seule base de leur réponse à ces cibles dans l'air, car les sols affectent certains détecteurs plus que d'autres.

6.7 Mesure du profil de sensibilité (ou empreinte)

La réponse d'un détecteur dépend non seulement de la hauteur au-dessus de la cible, mais aussi de l'emplacement de la cible dans un plan parallèle à la tête de détection du détecteur. En d'autres termes, le fait qu'une cible soit détectée ou non peut dépendre de la partie de la tête de détection qui passe au-dessus d'elle. Il est très important de caractériser cet aspect de la variation de sensibilité afin de pouvoir évaluer la performance d'un détecteur sur le terrain. Ces données permettent également de définir le chevauchement nécessaire entre les balayages consécutifs pour assurer une couverture complète à la sensibilité requise. Si un détecteur n'est capable de détecter les cibles recherchées à la profondeur de dépollution que lorsque la cible se trouve directement sous la partie centrale de la tête de détection, les mouvements de balayage du détecteur doivent alors se chevaucher étroitement.

L'objectif de ce test est de déterminer le profil de sensibilité du détecteur. Le profil de sensibilité représente la variation de la sensibilité en fonction de l'emplacement dans un plan parallèle à la tête de détection. La taille et la forme de ce profil ne dépendent pas seulement du détecteur, mais aussi de la cible utilisée pour la mesure : de sa taille, de son orientation et de la hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible.

Deux méthodes peuvent être utilisées pour ce test. La première fait appel à l'enregistrement et à l'affichage graphique du signal d'indication d'alarme et permet d'obtenir le profil de sensibilité dans un plan bidimensionnel. La seconde méthode maintient le principe selon lequel on utilise la distance de détection maximale seule comme mesure de la sensibilité. Suivant cette seconde méthode, on obtient la distance de détection maximale en passant le détecteur d'un côté à l'autre de la cible, alors que celle-ci se trouve sous différentes parties de la tête de détection (depuis l'avant jusqu'à l'arrière). Cette méthode fournit donc le profil de sensibilité dans une seule dimension.

6.7.1 Méthode 1

On configure le détecteur conformément aux sections 6.3.1 et 6.3.2, en utilisant la cible définie sous 6.4 et la vitesse de balayage optimale. De plus, on configure le dispositif de balayage pour qu'il balaie une zone de 1 m² avec une avancée de 10 mm entre chaque balayage transversal de la cible. Il faut veiller à ce que la cible se trouve au centre de la zone balayée par la tête de détection.

On détermine la hauteur de détection maximale tel que décrit dans la section 6.3.3. On procède au balayage de la zone à au moins trois hauteurs de la tête de détection au-dessus de la cible : avec la cible à 20 mm de la tête de détection, avec la cible 20 mm plus proche que la hauteur de détection maximale, et avec la cible à une position à mi-chemin entre ces deux hauteurs. On sélectionne la première distance de cible.

On démarre l'acquisition des données afin d'enregistrer le signal (audio) de l'indication d'alarme et la position de la tête de détection. On commence à balayer la zone en partant d'un coin de celle-ci. Les données résultantes peuvent être affichées sur des graphes en fausses couleurs ou à niveaux de gris (ou similaires) représentant la force du signal d'alarme par rapport à la position de la cible pour chaque hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible. La figure 8 de la page suivante illustre cette façon de présenter les données. A partir de ces données, on peut déterminer l'emplacement et l'étendue des zones de sensibilité maximale pour chaque hauteur. Par exemple, la figure montre que près de la tête de détection, la région la plus sensible forme un anneau qui suit les spires de la bobine, alors qu'à une plus grande hauteur, c'est le centre qui est l'endroit plus sensible.

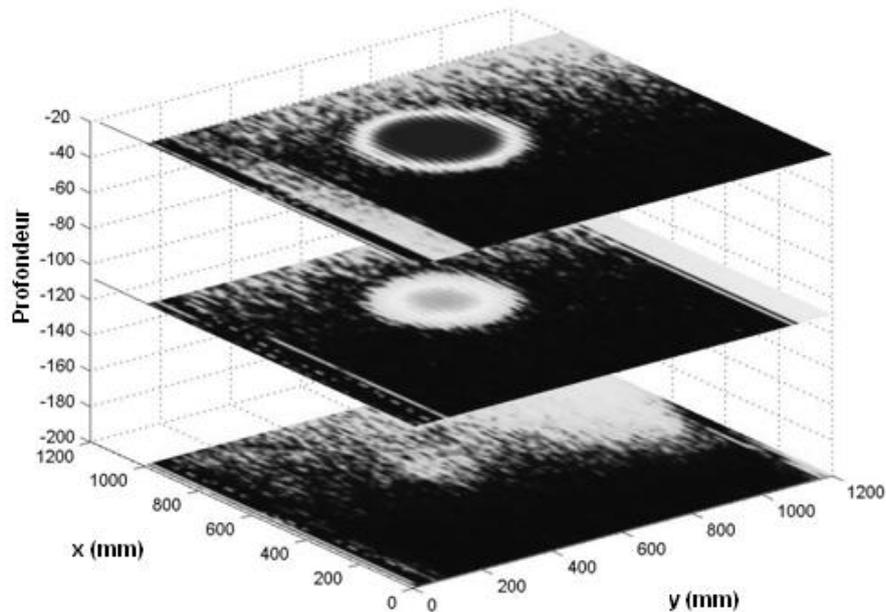


Figure 8 - Mesure du profil de sensibilité selon la méthode 1

6.7.2 Méthode 2

Cette méthode ne nécessite pas de système de positionnement du balayage de la zone. Le profil de sensibilité est construit à partir d'une série de balayages uniques dans le sens de balayage normal du détecteur comme en 6.5. A chaque balayage, on détermine la hauteur de détection maximale pour la cible utilisée. On obtient par conséquent le profil de sensibilité dans le sens de la translation du détecteur (de l'avant vers l'arrière).

Ce test vise à tracer le profil de sensibilité pour trois cibles, choisies de manière à ce que la variation de la sensibilité soit représentée à proximité de la tête de détection du détecteur, à distance de la tête de détection et à une hauteur intermédiaire. On utilise comme cibles pour ce test trois billes en acier chromé, choisies dans l'ensemble de cibles de test paramétriques (B.1) et possédant les tailles suivantes :

1. Une bille dont la hauteur de détection maximale mesurée conformément à la section 6.5 est d'environ 20 mm ;
2. Une bille dont la hauteur de détection maximale mesurée conformément à la section 6.5 est d'environ 150 mm ;
3. Une bille de 20 mm de diamètre.

Pour chaque cible, les séries de balayages doivent commencer avec la cible située à 0,5 m devant le centre de la tête de détection (perpendiculaire au sens de balayage). On passe le détecteur transversalement au-dessus de la cible afin d'obtenir la distance de détection maximale conformément à la section 6.3.3 pour le premier balayage (si la cible est détectable). On modifie par paliers de 10 mm la position horizontale relative de la cible et du détecteur et on détermine une hauteur de détection maximale par balayage transversal à chaque palier, construisant de la sorte un profil de la hauteur de détection maximale par rapport à la position. La dernière ligne de balayage doit s'effectuer avec la cible située à 0,5 m derrière le détecteur. On détermine la distance de détection maximale indépendamment de l'endroit du balayage qui produit la plus grande sensibilité. À mesure que la tête de détection se déplace d'un côté à l'autre, la hauteur de détection maximale peut se trouver sous les spires de la bobine pour une petite cible et au centre pour une plus grosse cible. Un exemple de formulaire de test est fourni à l'annexe D.4.

On trace le profil de sensibilité de la tête de détection perpendiculairement au sens du balayage à partir des distances de détection maximales de chaque balayage. La figure 9 ci-dessous montre la manière dont on produit un profil de sensibilité. La partie **a** de la figure montre la construction du profil par des balayages transversaux successifs. À chaque balayage, pour chacune des trois cibles, on mesure une hauteur de détection maximale. La partie **b** de la figure montre une représentation graphique du profil. L'axe horizontal représente la position le long du détecteur à laquelle s'effectue le balayage transversal. L'axe vertical représente la hauteur de détection maximale mesurée à chaque balayage.

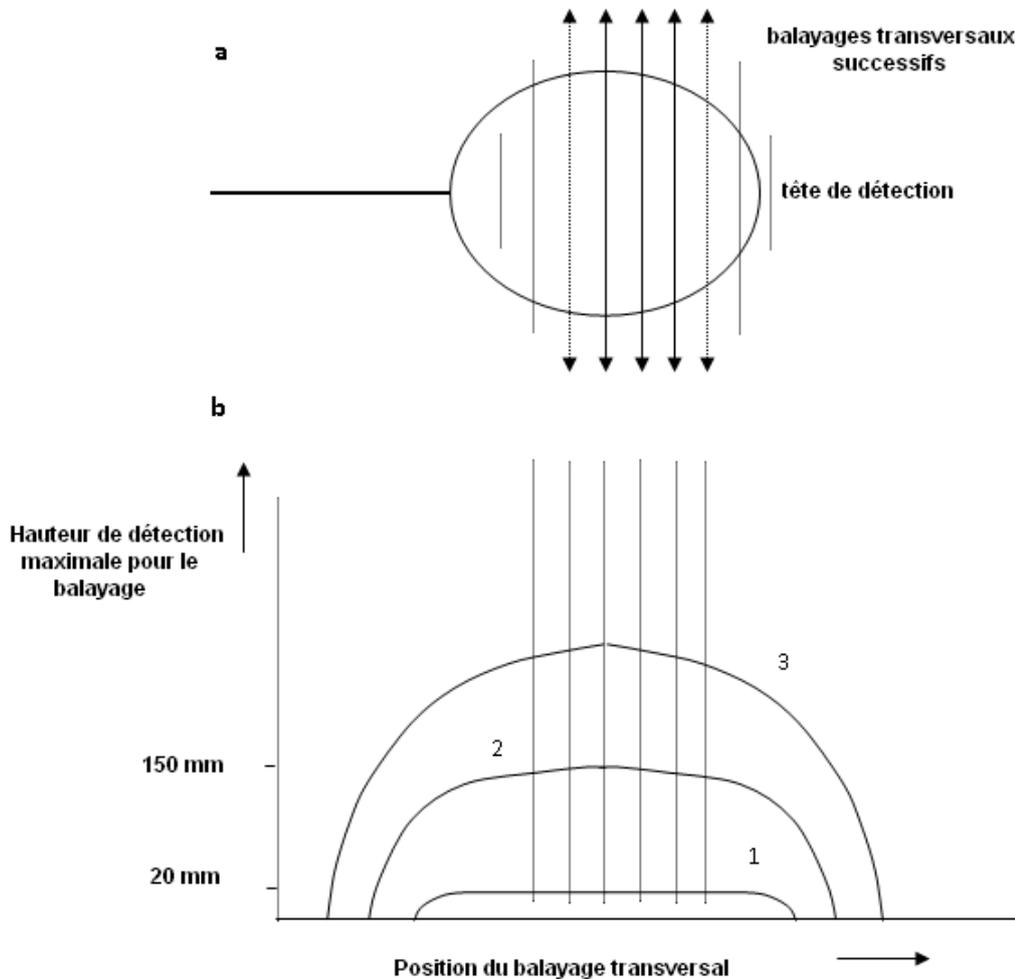


Figure 9 - Profils de sensibilité pour trois tailles de cibles (méthode 2)

On peut utiliser le profil de sensibilité pour déterminer l'étendue de la zone sous la tête de détection qui offre une capacité de détection certaine. La méthode 2 présente l'avantage de quantifier la capacité de détection de la même manière que dans la section 6.5.

7. Immunité à l'environnement et aux conditions opérationnelles

7.1 Généralités

7.1.1 Principe de test

Les tests de cette section sont réalisés conformément aux principes de test mentionnés en 6.3 et 6.4. Chacun des tests permet de déterminer si la capacité de détection dans l'air se voit modifiée sous l'effet d'influences extérieures.

7.1.2 Procédure de test

Dans chacun des tests, on mesure, conformément à la section 6.4.1, l'effet de conditions défavorables sur la capacité de détection. Un exemple de formulaire de test est fourni à l'annexe D.1.

7.1.3 Résultats des tests et compte rendu

La capacité de détection doit être enregistrée et tout changement dû aux conditions doit être noté.

7.2 Orientation de la tête de détection et extension de la canne

Sur certains détecteurs, l'alarme peut se déclencher si l'on modifie l'orientation de la tête de détection par rapport à la canne ou la longueur de la canne en cours de fonctionnement. Ce test permet de déterminer si la capacité de détection du détecteur reste la même dans ces différentes configurations.

En général, l'opérateur utilise le détecteur en position debout, accroupie ou allongée sur le sol. Dans le premier cas, l'angle formé entre la tête et la canne du détecteur est généralement compris entre 90° et 150°, selon la tâche et la taille de l'opérateur. Dans le dernier cas, la tête est généralement alignée sur la canne, soit entièrement ouverte, soit repliée contre la canne. La longueur de canne adoptée dépend également de l'opérateur et de la manière dont il utilise le détecteur.

La capacité de détection du détecteur doit être mesurée dans les configurations utilisées au cours des opérations. Les différents modèles de détecteurs et les nombreuses manières de régler la longueur de la canne et l'orientation de la tête de détection ne permettent pas de définir toutes les configurations de test possibles. Les configurations testées devraient toutefois inclure l'angle et la longueur utilisés pour un fonctionnement manuel normal en position debout et les angles et longueurs utilisés pour les opérations en position allongée. De plus, si l'on effectue un balayage mécanisé, il peut être utile de vérifier la capacité de détection de la tête de détection à un angle de 90° par rapport à la canne, car cela peut être la manière la plus simple de monter le détecteur sur le dispositif de balayage mécanique.

Pour chacune des configurations d'angle de la tête de détection et de longueur de canne à tester, la hauteur de détection maximale au-dessus de la cible doit être mesurée tel que décrit en 6.3.3.

7.3 Humidité sur la tête de détection

Le but de ce test est de déterminer dans quelle mesure l'humidité à laquelle est soumise la tête de détection influe sur la capacité de détection d'un détecteur. Quand un détecteur est utilisé dans une zone où il y a de l'herbe ou toute autre végétation mouillée, la tête de détection peut se couvrir de petites gouttes d'eau. Il a été reconnu que ces conditions peuvent déclencher des indications d'alarme sur certains détecteurs.

Le test d'humidité consiste à mesurer la hauteur de détection maximale au fur et à mesure qu'une quantité croissante d'eau est pulvérisée (sous la forme d'un brouillard de fines gouttelettes d'eau) sur la tête de détection. On contrôle la quantité d'eau de façon à couvrir par étapes toute une plage de niveaux d'humidité (de sec à complètement mouillé). En raison du temps nécessaire à la réalisation d'un test d'humidité (en général 20 à 30 minutes), les résultats de ce test peuvent inclure certains effets de dérive qui sont difficiles à différencier. Cependant, s'il arrive qu'un détecteur présente une variation beaucoup plus grande lors du test d'humidité que lors du test de dérive, on peut en déduire l'effet de l'humidité.

On configure le détecteur conformément aux sections 6.3.1 à 6.3.2 en fonction d'une cible de test, d'une vitesse de balayage et d'une hauteur de la tête de détection par rapport à la cible appropriées ; on met le détecteur sous tension en prévoyant une période de réchauffement de 3 minutes ou le temps recommandé par le fabricant ; on règle le détecteur selon les instructions du fabricant, sans effectuer d'autres réglages susceptibles d'en affecter la sensibilité. On détermine ensuite la hauteur de détection maximale de la cible de test conformément à la section 6.3.3.

On pulvérise alors, au moyen du vaporisateur, un fin brouillard d'eau propre sur la tête de détection et l'on mesure à nouveau la hauteur de détection maximale. On répète le processus pour cinq niveaux d'humidité différents sur la tête de détection : le premier niveau étant constitué par une fine couche de gouttelettes distinctes sur la surface et le dernier, par une quantité maximale d'eau sur la tête de détection (de sorte que

si l'on en ajoute encore, elle s'écoule tout simplement). Si les gouttelettes d'eau déclenchent l'alarme du détecteur alors qu'il est éloigné de la cible, cela doit être consigné. On réduit ensuite la sensibilité ou l'on effectue d'autres réglages (lorsque cela est possible, en fonction du détecteur) jusqu'à ce que l'alarme ne se déclenche plus loin de la cible. On répète ensuite la mesure de la hauteur de détection maximale.

7.4 Températures extrêmes

L'objectif de ce test est de déterminer la variation de la hauteur de détection maximale pour une plage de températures. On teste le détecteur à des températures contrôlées de 0°C, 20°C et 60°C. Le taux d'humidité doit être inférieur au taux de condensation et doit être enregistré.

On règle la température en laboratoire à 0°C ; on place les détecteurs testés dans le laboratoire au moins trois heures avant le test afin qu'ils atteignent la température du laboratoire ; on procède au test de dérive de sensibilité (6.4.5) et ensuite au test de répétabilité (6.4.4) à la température contrôlée.

Ce processus de test doit être répété à 20°C et à 60°C. Il est difficile d'atteindre 60°C dans des environnements de laboratoire normaux. S'il n'est pas possible d'effectuer le test dans une chambre climatique, il peut être utile de réaliser les tests dans un sauna, par exemple. Dans ce cas, il faut toutefois être conscient de la proximité de métaux (canalisations) et de sources d'interférence telles que les dispositifs de chauffage électrique.

Il faut noter les hauteurs de détection maximale pour chaque température.

Il est possible de réaliser une version de ce test sans contrôle de température, en tirant simplement parti des extrêmes de la température ambiante, soit à l'intérieur soit à l'extérieur. Dans ce cas, il faut enregistrer les températures du test.

7.5 Chocs de température

Les détecteurs peuvent être soumis à des changements de température rapides, comme lorsqu'ils sont retirés de leurs lieux de stockage nocturne en début de journée, ou lorsqu'ils sont soumis à un changement de température important au cours de la journée de travail parce qu'ils se réchauffent sous l'effet de la chaleur solaire accumulée et subissent ensuite les effets d'une nébulosité partielle sur l'ensoleillement local.

L'objectif de ce test est de mesurer toute modification de la hauteur de détection maximale susceptible de se produire à la suite de ces changements de température. Ce test consiste à effectuer le test de dérive dans des conditions de changement de température rapide ; il fournit des indications sur la manière dont le détecteur fonctionne dans ces conditions et sur la fréquence à laquelle il faut procéder à un nouveau réglage. La température ambiante en laboratoire doit être de 25°C.

On stocke les détecteurs à 0°C pendant au moins trois heures immédiatement avant le test ; on retire le détecteur de son lieu de stockage et dans les 15 minutes qui suivent, on le prépare pour les tests conformément aux sections 6.3.1 et 6.3.2; et l'on effectue le test de dérive (6.4.5) sans attendre.

On enregistre les hauteurs de détection maximales mesurées au cours du test de dérive.

Il est possible de réaliser une version de ce test sans contrôle de la température, en tirant simplement parti des différences de température ambiante, par exemple en hiver entre les températures de stockage à l'extérieur et les températures de fonctionnement à l'intérieur. Dans ce cas, il faut enregistrer les températures du test.

7.6 Sensibilité au cours de la durée de vie de la pile

Le but du test de la pile est de déterminer si la sensibilité du détecteur change au fur et à mesure que la pile se décharge en cours de fonctionnement, mais avant le déclenchement d'une éventuelle alarme de décharge de pile ou avant que le détecteur ait cessé de fonctionner. Ce test indique également la durée de fonctionnement ininterrompu qu'il est possible d'atteindre avec les piles utilisées. Pour ce test, on installe de

AACEN 14747:2003 (F)

nouvelles piles inutilisées (sauf indication contraire) dans le détecteur, on le met sous tension et on le prépare pour le test tel que spécifié dans les sections 6.3.1 et 6.3.2. Le détecteur doit rester sous tension pendant toute la durée du test.

Pendant toute la durée du test, on mesure la hauteur de détection maximale conformément à la section 6.3.3, à des intervalles réguliers ne dépassant pas une demi-heure. Il est à remarquer que la température ambiante peut avoir un effet sur la vitesse d'épuisement de la pile du détecteur. On peut répéter le test pour des piles de types et d'âges différents et à des températures ambiantes différentes selon les besoins.

On enregistre la hauteur de détection maximale pendant toute la durée de fonctionnement de la pile ; on note s'il se produit, pendant le test, un changement dans la hauteur de détection maximale autre que celui qui est dû aux limites de précision de la mesure, et on enregistre la durée totale de fonctionnement ininterrompu jusqu'à ce que le détecteur produise une indication d'affaiblissement de pile ou cesse de fonctionner.

7.7 Effet des interférences électromagnétiques ou radiofréquences (EM/RF)

Afin de pouvoir détecter les métaux situés à proximité, les détecteurs de métal produisent et détectent des champs magnétiques oscillants. C'est pourquoi ils ne peuvent éviter d'émettre une certaine quantité d'énergie électromagnétique et sont susceptibles d'être influencés, dans une certaine mesure, par l'environnement électromagnétique dans lequel ils sont utilisés. Il est important que les détecteurs de métal soient le moins possible affectés par des sources d'interférences électromagnétiques externes (y compris les radiofréquences) qui peuvent être rencontrées sur le site de déminage. Il est possible de mettre en place des tests simples permettant de déterminer l'effet d'une quelconque source d'interférence potentielle. Ces tests spécifiques sont décrits dans la section 9.7.

En cas de besoin, on peut procéder à des tests plus contrôlés conformément aux normes suivantes, qui portent sur des tests d'immunité des équipements à diverses sources d'interférence potentielles :

- a) Tests visant à vérifier que l'équipement fonctionne après une décharge électrostatique, conformément à la CEI 61000-4-2:1995 + A1: 1998 + A2: 2000 ;
- b) Tests visant à vérifier que l'équipement fonctionne lorsqu'il est soumis à des rayonnements RF, conformément à la CEI 61000-4-3:2002;
- c) Tests visant à vérifier que l'équipement fonctionne lorsqu'il est soumis à des champs magnétiques à la fréquence du réseau (moteurs, lignes à haute tension etc.), conformément à la CEI 61000-4-8:1993 + A1: 2000;
- d) Norme de test générique applicable en l'absence de toute autre norme spécifique, conformément à la EN 61000-6-1:2001;

Lors des tests visant à déterminer l'immunité du détecteur aux interférences électromagnétiques, on utilise comme critère d'immunité, en plus des critères précités, la sensibilité du détecteur. Comme dans les autres tests de cette section, on mesure la sensibilité sur la base de la hauteur de détection maximale (6.3.3), pendant ou après le test, suivant le cas.

8. Capacité de détection des cibles enfouies dans le sol

8.1 Généralités

8.1.1 Principe

Lors des opérations de déminage, les détecteurs de métal servent essentiellement à détecter les mines enfouies. En général, le sol dans lequel les mines sont enterrées compromet les performances de détection du détecteur.

Les tests décrits dans ce chapitre ont pour objectif de déterminer dans quelle mesure un sol dégrade la capacité de détection d'un détecteur de métal, et d'évaluer la fiabilité de détection des cibles enterrées. De nombreux détecteurs de métal sont dotés de fonctions de compensation d'effets de sol conçues pour réduire ou éliminer les effets des sols. Les tests décrits visent, entre autres, à évaluer l'efficacité de ces fonctions.

Certaines des procédures de test décrites dans ce chapitre peuvent être considérées essentiellement comme des tests en laboratoire lors desquels tous les paramètres pertinents sont bien contrôlés. Les tests nécessitent, par exemple, l'utilisation d'une ou plusieurs zones de test spécifiques. Ces procédures de test s'adressent principalement aux laboratoires de R&D, aux agences de T&E et aux fabricants, qui possèdent des zones de test où effectuer le test des détecteurs de métal. Cependant, comme pour les tests dans l'air, il est possible d'effectuer des tests équivalents dans des conditions moins contrôlées. Par exemple, la manipulation du détecteur peut s'effectuer de façon manuelle plutôt que mécanique.

D'autres tests conviennent mieux à une situation de terrain, où les circonstances sont proches de celles que l'on rencontre lors des opérations de déminage locales et où il est plus difficile de réunir des conditions bien contrôlées. Les tests de fiabilité de la détection visent à évaluer la façon dont les facteurs environnementaux et opérationnels dégradent la capacité de détection, telle que mesurée lors de simples tests contrôlés.

8.1.2 Équipement et zones de test

Pour les tests décrits dans ce chapitre, les zones de test du sol doivent avoir une largeur et une longueur d'au moins 1 m et une profondeur d'au moins 0,5 m. Les zones de test doivent être réalisées dans des matériaux non conducteurs. La présence d'objets métalliques autour, au-dessus et en-dessous des zones de test doit être évitée autant que possible. À titre indicatif, la présence d'objets métalliques au cours des tests ne devrait pas être autorisée à moins de 2 m, ou à une distance équivalant à au moins 5 fois le diamètre de la tête de détection, de la zone de test. Si l'on n'est pas sûr qu'un objet métallique se trouve assez loin, il faut procéder à un simple test pour vérifier que l'objet ne déclenche pas l'alarme du détecteur lorsque ce dernier est réglé sur son niveau le plus sensible.

Il faut prendre des mesures de protection contre les fuites d'eau souterraine dans les zones où le niveau des eaux souterraines est plus élevé que la profondeur de la zone de test. Pour ce faire, on peut installer un revêtement en plastique imperméable à l'eau sur les côtés et sur le fond des zones de test ou prévoir un système d'évacuation des eaux.

Le sol doit être libre de tout objet métallique (autre que les cibles) qui n'entre pas dans sa composition normale. De petits morceaux de fer qui ont été enterrés pendant de longues périodes pourraient se calcifier et ressembler à de quelconques cailloux ou petits rochers. Ils ne sont pas considérés comme entrant dans la composition normale du sol et doivent être enlevés.

Pour chaque type de sol présent dans la ou les zones de test, il faut réserver une parcelle d'au moins 1 m sur 1 m à la configuration et à l'étalonnage du détecteur, entre autres. Ces parcelles ne doivent pas contenir de cibles de test ni d'autres objets métalliques.

Pendant les périodes de test, il faut porter une attention particulière aux possibles interférences dues à la présence de champs électromagnétiques à l'emplacement de la zone de test, qui sont susceptibles de déclencher des signaux d'alarme. On peut utiliser la ou les zones libres de tout objet métallique mentionnées ci-dessus pour vérifier l'absence d'interférences, si l'on soupçonne leur présence. La section 9.7 décrit un test qui permet de déterminer si une source d'interférence présumée particulière agit sur le détecteur.

8.1.3 Déplacement du détecteur

On déplace le détecteur au-dessus de la zone de test soit à l'aide d'un équipement de positionnement contrôlé, tel que décrit en 6.2, soit par balayage manuel. Les moyens utilisés doivent être tels que le plan de la tête du détecteur testé reste parallèle à la surface du sol tandis que le détecteur est déplacé au-dessus de la ou des cibles enterrées. Le détecteur doit être mobile dans les directions (aller et retour) qui sont utilisées lors d'une opération de balayage normale. Il est préférable que l'équipement de positionnement puisse déplacer le détecteur d'avant en arrière à plusieurs reprises sur une même ligne sur une distance de 1 m.

Il convient de s'assurer que ni la structure de l'équipement de positionnement ni ses mécanismes d'entraînement, comme les moteurs électriques, ne provoquent d'interférences avec le détecteur de métal testé.

Lorsqu'un équipement de balayage mécanisé n'est pas disponible, les tests décrits dans cette section peuvent être effectués par manipulation manuelle du détecteur. Il faut contrôler de la façon la plus précise possible le positionnement, la vitesse et l'orientation du détecteur, à l'aide de gabarits non métalliques et de dispositifs de chronométrage appropriés.

8.1.4 Types de sols

Pour pouvoir mesurer l'effet des sols sur la capacité de détection des détecteurs de métal, il faut bien connaître, bien contrôler et enregistrer les propriétés d'intérêt des sols utilisés dans les zones de test destinées aux tests dans le sol. Selon l'état actuel des connaissances concernant l'influence du sol sur les performances des détecteurs de métal, les propriétés les plus importantes à cet égard sont la conductivité électrique et la susceptibilité magnétique du sol. Une autre propriété, d'importance secondaire, peut être la teneur en humidité du sol, étant donné que l'humidité peut influencer la conductivité électrique.

Il convient, si possible, de mesurer in situ avec des instruments de mesure étalonnés la susceptibilité magnétique et la conductivité électrique du sol dans la zone de test, ainsi que la teneur en humidité de la couche supérieure du sol, c'est à dire jusqu'à une profondeur de 0,2 m. Les instruments de mesure utilisés doivent être indiqués (marque, type et paramètres, s'il y a lieu). Ces mesures doivent être effectuées en plusieurs emplacements de la zone de test (au moins une mesure tous les 0,25 m² de la zone de test). Les variations spatiales doivent être signalées. Les mesures doivent être répétées après tout événement susceptible d'avoir modifié les propriétés du sol, comme la pluie. La susceptibilité magnétique doit être exprimée en unités SI adimensionnelles, la conductivité électrique en S/m et le taux d'humidité en pourcentage par volume, avec la profondeur de la mesure. Une classification simple des sols en fonction de leur susceptibilité magnétique est fournie à l'annexe A.3.

REMARQUE : La susceptibilité magnétique des sols est une quantité complexe (dépendant de la fréquence) qui ne peut être pleinement décrite par un seul chiffre, tel qu'indiqué. C'est pourquoi elle entraîne des effets de bruit de sol pour de nombreux détecteurs de métal. Voir l'annexe A.

Pour déterminer la capacité d'un détecteur de métal à fonctionner sur des sols produisant un bruit magnétique, il faut effectuer des tests sur un sol classé comme « sévère » en A.3.

Si aucun équipement de mesure approprié n'est disponible, il faut établir une description du sol contenant, notamment, des informations sur sa couleur, sa structure à l'état sec et à l'état humide et sa composition granulométrique. La description peut aussi inclure une comparaison avec d'autres types de sols plus usuels. Toute information d'intérêt sur la teneur du sol en produits chimiques doit être enregistrée.

8.1.5 Procédure générale de test

Le détecteur testé doit être utilisé conformément aux instructions données dans le manuel du fabricant. On commence par configurer le détecteur selon la procédure décrite dans le manuel, en utilisant à cet effet une parcelle de terre d'au moins 1 m² libre de tout objet métallique, située dans la zone de test. Le détecteur doit être configuré de façon qu'il ait la plus grande sensibilité possible sans que se déclenchent des indications d'alarme dues au sol seul lorsqu'on le passe au-dessus du sol, parallèle à la surface, à une hauteur variant entre 0 mm (contact) et 30 mm. Le réglage de sensibilité du détecteur et autres paramètres (le cas échéant) doivent être enregistrés.

La capacité de détection dans l'air du détecteur ainsi réglé doit être mesurée conformément à la section 6.4.

REMARQUE : Cette mesure dans l'air n'a pas pour but de fournir une indication de la capacité de détection dans le sol utilisé. Elle permet simplement d'enregistrer l'état du détecteur utilisé pour les tests.

Il doit être possible de configurer le détecteur pour le sol sur lequel les tests doivent être réalisés comme décrit ci-dessus. Il doit être réglé afin de ne déclencher aucune indication d'alarme lorsqu'il est placé sur la surface du sol, puis porté à une hauteur de 30 mm au-dessus de la surface. Si tel n'est pas le cas, il ne faut pas utiliser le détecteur sur ce sol pour effectuer les tests décrits dans ce chapitre.

Pendant les tests de détection, l'opérateur doit procéder au test d'alarme du détecteur testé, conformément à la section 5.5.

8.2 Cible minimale détectable en fonction de la profondeur

8.2.1 Principe

Le but de ce test est de déterminer la capacité de détection du détecteur de métal en utilisant des cibles enterrées. On mesure la capacité de détection en déterminant la hauteur de détection maximale comme lors des tests dans l'air décrits à la section 6. Toutefois, pour les tests dans le sol, une partie de la hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible se trouve dans le sol ; ce test permet de mesurer dans quelle mesure la capacité de détection varie avec la profondeur dans le sol.

Ce test peut être utilisé à deux fins différentes. Les informations sur la capacité du détecteur à détecter les billes enfouies dans des types de sols bien caractérisés sont intéressantes pour comparer des détecteurs testés par différents fabricants, laboratoires et organismes de T&E dans le cadre de « comptes rendus de l'utilisateur ».

On peut mesurer la capacité de détection dans un sol particulier et utiliser cette information pour évaluer si un détecteur est en mesure de répondre à des exigences spécifiques, comme celles des « essais d'acceptation ».

8.2.2 Équipement et zone de test

Les exigences pour la zone de test du sol sont définies au point 8.1.2 ci-dessus.

Pour mesurer la capacité de détection des détecteurs de métal dans les sols, on utilise des billes de test cibles en acier chromé tel que spécifié à l'annexe B.1. Il faut utiliser, au minimum, des billes de test en acier des diamètres suivants: 4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm, 10 mm et 15 mm de diamètre, comme indiqué en 6.5.

Si les profondeurs de détection maximales mesurées avec ces billes ne couvrent pas la profondeur de détection maximale requise pour les applications de l'utilisateur, il faut élargir l'ensemble de cibles en ajoutant des billes plus grosses ou plus petites ou, le cas échéant, en utilisant d'autres billes en acier chromé tel que spécifié à l'annexe B.1. On peut également ajouter des billes d'un diamètre compris entre les diamètres spécifiés ci-dessus.

Les cibles doivent être placées dans le sol de telle manière que l'on puisse ajuster la profondeur de la cible sous la surface du sol. À cet effet, il faut utiliser un dispositif construit dans des matériaux non conducteurs et non magnétiques.

Ce dispositif peut être constitué d'une tige ou d'une broche sur laquelle on fixe la bille cible. On peut utiliser une broche de longueur réglable ou une série de broches de longueurs différentes. Une autre possibilité consiste à placer un tube en plastique dans le sol et y positionner la cible. Dans ce cas, la bille cible doit être montée sur une entretoise de sorte que l'on puisse déterminer la profondeur d'enfouissement à partir de la longueur d'entretoise qui se trouve dans le tube.

Le diamètre extérieur de la tige, de la broche ou du tube doit être aussi petit que possible, afin de réduire au minimum la possibilité que le détecteur de métal soit affecté par ce qui constituerait un vide effectif lors de l'utilisation dans un sol magnétique. Il faut vérifier que le dispositif de positionnement ne déclenche pas le signal du détecteur testé.

8.2.3 Procédure

On configure le détecteur conformément à la procédure générale (8.1.5 ci-dessus). Le cas échéant, on enregistre les paramètres utilisés.

Dans un premier temps, on passe le détecteur au-dessus des emplacements choisis pour les cibles en l'absence de ces dernières, c'est à dire au-dessus du dispositif de positionnement des cibles vide, afin de vérifier qu'aucune alarme n'est déclenchée par le sol, par le dispositif de positionnement ou par des cibles présentes de manière non intentionnelle. Ces balayages doivent s'effectuer à la plus petite hauteur de balayage possible (même s'il se produit un contact intermittent avec le sol, tant que cela ne cause pas de

problème pour les dispositifs de balayage mécaniques). La vitesse de balayage doit être comprise dans la plage optimale déterminée pour le détecteur testé lors des tests dans l'air (6.4.2 et 6.4.3), ou tel que spécifié dans le manuel.

On fait passer le détecteur à une vitesse optimale au-dessus du dispositif de positionnement des cibles pour chaque diamètre de bille différent. Le détecteur doit passer à une hauteur de 30 mm au-dessus du sol comme défini à l'annexe B.5. Il faut modifier la profondeur de la cible jusqu'à ce que l'on ait déterminé sa profondeur de détection maximale.

8.2.4 Résultats des tests et compte rendu

Pour chaque cible (c'est-à-dire diamètre de bille), il faut enregistrer la profondeur de détection maximale mesurée. Un exemple de formulaire de test est fourni à l'annexe D.5. Sur la base des résultats de la profondeur de détection maximale de ce test, on trace sur un graphique une courbe pour chaque type de sol testé en portant en ordonnée le diamètre de la bille et en abscisse la profondeur de détection maximale. Ce graphique présente les données sous la forme d'une courbe qui définit la cible minimale détectable en fonction de la profondeur et qui est compatible avec celle des tests dans l'air en 6.5. On peut également tracer la courbe de détection dans l'air sur le même graphique à des fins de comparaison, sans oublier de tenir compte de la hauteur de balayage.

Le graphique produit, qui permet de comparer les courbes de détection dans l'air et dans le sol, caractérise l'effet d'un sol particulier sur le détecteur testé. Pour les détecteurs de métal affectés par le sol en question, la courbe de sensibilité est décalée vers le haut par rapport à la courbe obtenue dans l'air. La figure 10 illustre les données dans le sol, ainsi que les données dans l'air de la figure 6. Les points de données n'ont pas été inclus, seules apparaissent les courbes ajustées. Une réduction de la capacité de détection à une profondeur donnée peut être quantifiée par l'augmentation de la taille minimale détectable de la cible. Il est à noter que la profondeur zéro pour la courbe dans le sol correspond à une hauteur sur la courbe dans l'air égale à la hauteur de balayage.

Il convient de noter si le balayage à l'aide du détecteur a été effectué selon une méthode manuelle ou mécanisée.

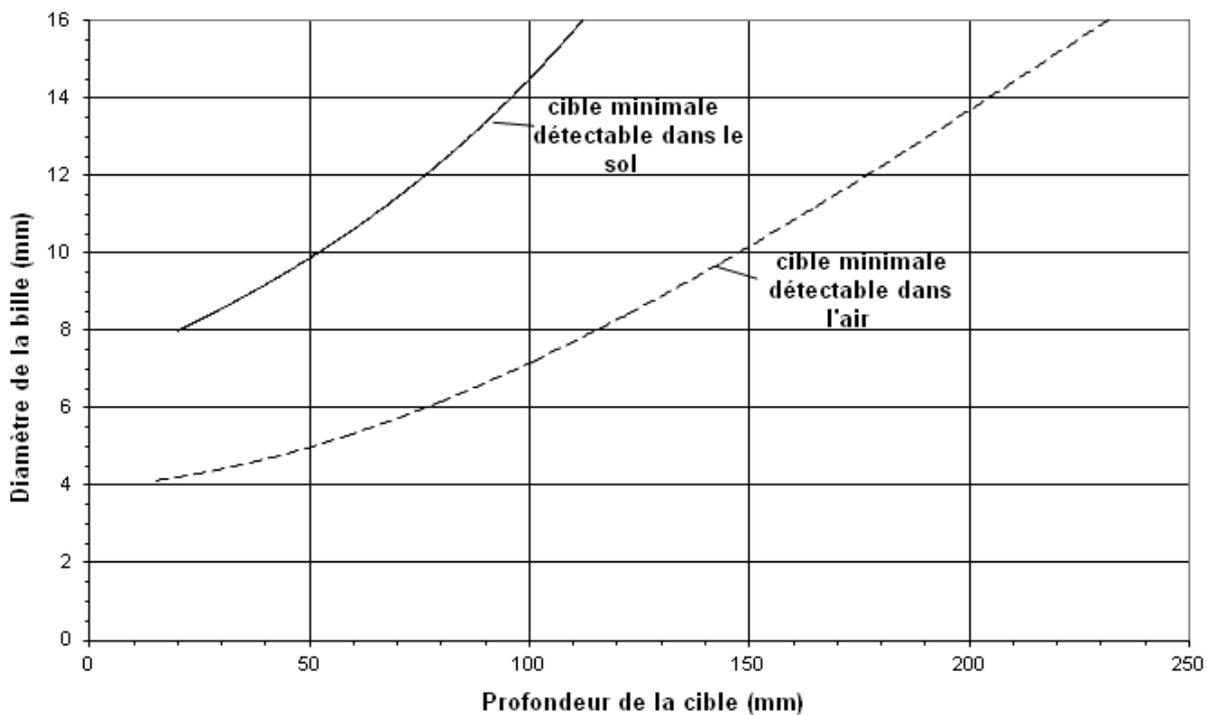


Figure 10 - Effet du sol sur la capacité de détection

8.3 Capacité de détection de cibles spécifiques dans le sol

8.3.1 Principe

L'objectif de ce test est de mesurer la profondeur de détection maximale d'une cible donnée pour le détecteur de métal, le réglage de sensibilité et le sol utilisés. Ce test est similaire au test décrit à la section 6.6, mais dans le sol. Il permet de comparer la profondeur de détection maximale (plus la hauteur de balayage) avec la hauteur de détection maximale dans l'air, afin de mesurer l'effet du sol sur la capacité de détection pour la cible donnée.

8.3.2 Équipement et zone de test

Les exigences concernant la zone de test du sol sont définies au point 8.1.2 ci-dessus.

On positionne et on déplace le détecteur à l'aide d'un dispositif mécanique ou on le passe manuellement, comme décrit en 8.1.3.

Pour ce test, on utilise les cibles suivantes :

- a) les cibles de test « ITOP » [11] mentionnées en B.2 ;
- b) toute autre cible spécifique d'intérêt.

Tout dispositif permettant de varier la profondeur d'une cible dans le sol déplace un certain volume de sol. Si la quantité de sol déplacée est trop grande, le test n'est plus valable. Il est donc impossible d'effectuer ce test pour les grandes cibles, telles que les simulations de mines complètes. Ce test convient mieux aux petites pièces métalliques.

8.3.3 Procédure

On modifie la profondeur de la cible selon la procédure décrite à la section 8.2.3 ci-dessus, jusqu'à ce que la profondeur de détection maximale ait été déterminée.

8.3.4 Résultats des tests et compte rendu

On enregistre la profondeur de détection maximale pour chaque cible et on la compare à celle qui a été obtenue dans l'air pour les mêmes cibles conformément à la section 6.6. Un exemple de formulaire de test est fourni à l'annexe D.5.

Il convient de noter si le balayage à l'aide du détecteur a été effectué selon une méthode manuelle ou mécanisée.

8.4 Test de détection à une profondeur fixe

8.4.1 Principe

L'objectif de ce test est de déterminer la capacité de détection du détecteur de métal pour des cibles de test enterrées à des profondeurs fixes dans un sol donné. On exprime donc simplement la capacité de détection en termes de cible détectée ou non détectée à la profondeur de test. Le test est un test ouvert (non aveugle).

8.4.2 Équipement et zone de test

Les exigences concernant la zone de test du sol sont définies au point 8.1.2 ci-dessus.

On positionne et on déplace le détecteur à l'aide d'un dispositif mécanique ou on le passe manuellement, comme décrit en 8.1.3.

AACEN 14747:2003 (F)

Pour ce test, on utilise les cibles suivantes :

- a) les cibles de test « ITOP » [11] mentionnées en B.2 ;
- b) toute autre cible spécifique d'intérêt, y compris les simulations de mines complètes ou les mines réelles désarmées.

8.4.3 Procédure

Pour les tests de détection à profondeur fixe sur des cibles spécifiques, on place les cibles à une ou plusieurs profondeurs standard de 0 mm (affleurant la surface), 50 mm, 100 mm, (130 mm - voir B.5), 150 mm et 200 mm sous la surface. S'il faut déterminer les performances de détection du détecteur de métal testé pour de grosses cibles métalliques enfouies à une grande profondeur telles que les mines antichar, des cibles de test correspondantes doivent également être enterrées à 300 mm sous la surface. La position des cibles doit être marquée sur la surface au-dessus des cibles à l'aide de marqueurs non métalliques (disques en plastique, par exemple).

Les cibles adjacentes doivent être séparées de 0,5 m au moins (voir B.5). Les cibles doivent être enterrées assez loin du bord de la zone de test pour garantir que ce dernier ne cause aucune interférence. Une distance de 0,5 m devrait être suffisante.

Si l'on utilise des cibles dont la rotation n'est pas symétrique, il convient d'enregistrer et signaler l'orientation de ces cibles lorsqu'elles sont enterrées. La profondeur de la cible est définie comme la distance entre la surface du sol et le sommet de la cible lorsqu'elle est enterrée.

On mesure les emplacements, les profondeurs et les orientations des cibles chaque fois qu'on les déterre pour les enlever de la zone de test et l'on enregistre les emplacements, profondeurs et orientations mesurés.

Il convient d'indiquer, outre les emplacements exacts de la cible, l'étendue du halo de détection (tel qu'indiqué en B.6) (par exemple avec des marqueurs d'une autre couleur ou avec un marqueur en forme de disque placé sous le marqueur de la cible).

On configure le détecteur conformément à la procédure générale (8.1.5 ci-dessus). Le cas échéant, on enregistre les paramètres utilisés.

On passe la tête du détecteur au-dessus de la zone de test à une hauteur de 30 mm.

L'opérateur décide si une indication d'alarme se produit lorsque la tête du détecteur se déplace au-dessus d'une cible (c'est-à-dire se produit au-dessus de son halo de détection).

L'opérateur doit également rendre compte des indications d'alarme qui ne se produisent pas au-dessus du halo de détection d'une cible. Toute fausse indication de ce genre doit être étudiée. Si l'on découvre que le sol en est la cause (plutôt qu'une pièce métallique étrangère), on règle à nouveau le détecteur, si possible, afin de garantir que le sol utilisé ne déclenche pas l'alarme. Il faut ensuite recommencer le test.

8.4.4 Résultats des tests et compte rendu

On enregistre les caractéristiques détaillées et les emplacements réels des cibles pour chaque cible « détectée » ou « non détectée », suivant le cas. Un exemple de formulaire de test est fourni à l'annexe D.6.

S'il se produit des indications d'alarme ne pouvant être reliées à aucune des cibles connues, c'est-à-dire des indications se produisant en dehors du halo de détection des cibles et même après la procédure de réglage spécifiée en 8.4.3 ci-dessus, ces indications doivent être enregistrées avec leur emplacement pour investigation ultérieure.

Il convient de noter si le balayage à l'aide du détecteur a été effectué selon une méthode manuelle ou mécanisée.

8.5 Tests de fiabilité de la détection

8.5.1 Principe

L'objectif des tests de fiabilité de la détection est d'évaluer la fiabilité de détection du détecteur de métal lorsqu'il est utilisé par un opérateur qui ne connaît pas l'emplacement des cibles. Ces tests sont des tests de performance statistique dans lesquels l'effet de facteurs environnementaux et humains est ajouté à la capacité intrinsèque mesurée par des tests ouverts tels qu'en 8.4 ci-dessus.

Les tests de fiabilité de la détection sont généralement effectués à l'intérieur ou à proximité d'une zone à déminer, sur des sols locaux caractéristiques et avec des cibles représentatives de la menace locale. Ces tests peuvent faire partie du « compte rendu de l'utilisateur » ou de l'« essai d'acceptation ».

Lors de ces tests, les résultats possibles d'un détecteur de métal utilisé par un opérateur peuvent être classés comme suit :

- 1) vraie indication d'alarme (vrai positif) – une alarme déclenchée par la présence d'un objet métallique ;
- 2) cible manquée (faux négatif) – pas d'alarme malgré la présence d'un objet métallique ;
- 3) vrai négatif - pas d'alarme lorsqu'aucun objet métallique n'est présent ;
- 4) fausse indication d'alarme (faux positif) – une alarme déclenchée en l'absence d'objet métallique.

Pour les tests de détection aveugles, on enterre un nombre de cibles réalistes dans le sol à des profondeurs spécifiées et on mesure la fiabilité de détection en termes de vraies indications d'alarme, de cibles manquées et de fausses indications d'alarme enregistrées par l'opérateur. Un détecteur possédant une fiabilité de détection élevée est un détecteur qui produit un nombre maximal de vraies indications d'alarme et un nombre minimal de fausses indications d'alarme.

Ce test permet de tester la fiabilité de détection des détecteurs de métal pour détecter n'importe quelle quantité de métal. La détection de n'importe quel objet métallique doit être considérée comme une vraie indication de détection. Il est donc important que les zones de test soient libres de tout objet métallique autre que les cibles mises en place. Les objets non métalliques présents dans le sol (comme des cailloux magnétiques), susceptibles de déclencher des indications d'alarme sur certains détecteurs, ne doivent cependant pas être enlevés.

Pour optimiser la valeur des tests de détection aveugles, il convient de garder présents à l'esprit, lors de la conception du test, les résultats des tests dans l'air (section 6) et dans le sol (sections 8.3, 8.4) précédemment réalisés sur le détecteur, qui indiquent la profondeur de détection maximale des cibles.

8.5.2 Lignes directrices pour la préparation des couloirs de test

Le site choisi pour les tests doit répondre aux conditions suivantes :

- le sol indigène du site de test doit être représentatif d'une zone à déminer (le site de test peut se trouver à l'intérieur de cette zone) ; ou
- un sol représentatif de la zone à déminer doit être placé dans les couloirs de test. Il est à noter que si le sol a été déplacé, la réponse du détecteur de métal ne sera pas nécessairement la même que celle qu'il produisait avant que le sol ait été déplacé.

Lorsque cela est possible, il faudrait utiliser le sol dans lequel il est le plus difficile de détecter les mines trouvées dans la région touchée par les mines (sol le plus bruyant). On peut installer le site de test dans une zone constituée de ce sol, ou on peut transporter ce sol et l'utiliser dans un couloir de test.

Pour déterminer l'effet du sol sur un détecteur donné, on définit une courbe de sensibilité dans le sol pour le sol concerné, tel que spécifié en 8.2.

Il faut enlever ou couper la végétation présente dans les couloirs (afin qu'elle n'entrave pas le balayage à la hauteur normale – voir B.5) et ôter tout objet métallique de la surface du sol. On retire ensuite tout objet métallique enterré à l'aide d'un détecteur de métal. Dans certains cas, il arrive qu'au cours de ce processus de déblaiement, des signaux de détection soient déclenchés par le sol lui-même et interprétés comme

AACEN 14747:2003 (F)

indiquant la présence de métal. C'est pourquoi il faut faire preuve de discernement et déterminer les efforts qu'il vaut la peine de consacrer à l'enlèvement des objets métalliques afin de réduire à un minimum les indications d'alarme produites par des sources autres que les cibles mises en place. L'objectif est d'obtenir un site de test libre de tout objet métallique autre que les cibles mises en place pour le test, de manière à pouvoir évaluer la détection des mines.

Si l'on amène le sol d'une autre région pour construire le site de test, il faut le tasser afin qu'il soit aussi proche que possible de l'état dans lequel se trouverait un site de déminage réel - même si cela ne garantit pas une réponse similaire de la part des détecteurs de métal.

Les zones de test utilisées pour les tests de détection aveugles doivent se conformer, au minimum, aux exigences de la section 8.1.2 ci-dessus. Toutefois, afin de pouvoir effectuer ces tests de manière efficace, il est nécessaire de disposer d'une surface étendue, qui devrait être divisée en couloirs de test bien définis. On peut marquer les coins des couloirs de test au moyen de poteaux d'angle non métalliques ou de piquets. Ces marqueurs stationnaires servent à définir les limites des couloirs de test et sont utilisés comme points de référence pour mesurer les emplacements réels des cibles et les endroits où des détections de cibles ont été signalées.

Le couloir devrait avoir une largeur de 1,5 à 2 m et une profondeur d'au moins 0,5 m. La largeur et la profondeur de couloir prescrites visent à garantir que le détecteur ne subira aucune influence du sol indigène du site du test (si celui-ci est différent du sol présent dans le couloir de test) pendant le test. La zone du couloir utilisée pour le test - c'est à dire celle où les cibles peuvent être enterrées - devrait être constituée d'une bande d'1 m de large, située au centre du couloir. La longueur du couloir de test dépend du nombre de cibles de test placées dans chaque couloir (en fonction de leur type individuel et du nombre prévu pour les rencontres multiples).

Il convient de ménager une zone d'entraînement et d'étalonnage afin que les opérateurs des détecteurs puissent s'entraîner à utiliser les détecteurs qui leur sont attribués pour le test. Cette zone devrait inclure une zone libre de tout métal tel que spécifié en 8.1.2 et il faudrait en outre prévoir une zone similaire contenant des cibles semblables à celles qui sont utilisées dans les couloirs de test. Cette dernière devrait être située loin des couloirs de test afin de réduire au minimum la possibilité que les opérateurs découvrent des indices quant à l'endroit où les mines sont enfouies dans les couloirs de test utilisés pour les tests aveugles.

Il est indispensable d'appliquer une méthode de précision pour mesurer et enregistrer l'emplacement des cibles de test et l'endroit où des détections ont été signalées lors des tests sur le terrain. Un système de station totalisatrice d'arpentage (TSSS) à laser constitue un outil idéal à cet effet. Il faudrait mesurer trois ou quatre points géodésiques de référence en dehors des couloirs, immédiatement avant et immédiatement après avoir obtenu chaque série de mesures concernant les coins de couloirs, les cibles et les marqueurs de détection, afin de confirmer l'intégrité des données et ménager une possibilité de récupération des données en cas d'erreur de l'opérateur. Si un tel système d'arpentage n'est pas disponible, il faudrait effectuer des mesures sur 100 m à l'aide d'un mètre à ruban non extensible afin de mesurer ces positions par rapport au point de référence. Ces mesures par mètre à ruban permettent également de faciliter l'aménagement du site de test.

8.5.3 Types de cibles

On utilise les types de cibles suivants :

- 1) Des cibles de test standard simulant les composants métalliques des mines tel que spécifié en B.2. La ou les cibles présentant la réponse la plus proche de la menace de mine locale, tel que spécifié dans les tests dans l'air ;
- 2) Des mines de test spécifiques (B.3), simulées ou désarmées. Des mines désarmées représentatives de la menace locale.

8.5.4 Profondeur, orientation et séparation des cibles

Cette section décrit des tests aveugles visant à mesurer la fiabilité de détection des cibles. Toutefois, il peut être nécessaire de procéder à un test ouvert préalable, afin de déterminer si la détection d'une cible donnée est possible ou non à une profondeur donnée dans le sol local. Le cas échéant, ce type de tests doivent être effectués conformément à la section 8.4 ci-dessus. Des tests avec des cibles situées à des profondeurs

supérieures de 50 et 100 mm à celles qui sont utilisées pour identifier la hauteur de détection maximale dans l'air devraient garantir que la plage de profondeurs utilisée couvre bien la profondeur de détection maximale.

Les cibles enterrées doivent être orientées de la même manière que les mines mises en place normalement, c'est-à-dire à l'horizontale avec le dispositif de déclenchement vers le haut.

Les cibles situées dans le couloir de test doivent être séparées par une distance suffisante pour garantir que le détecteur testé ne produira pas d'indication d'alarme due à la réponse simultanée de deux cibles différentes. L'écartement entre les cibles doit être d'au moins 0,5 m.

Les cibles doivent être enterrées à une ou plusieurs des profondeurs spécifiées en B.5, en fonction des exigences locales en matière de profondeur de dépollution, des types de mines d'intérêt et des résultats des mesures de la profondeur de détection maximale dans le sol, tel que spécifié en 8.3.

Pour chaque type de cible enterrée, au moins sept (7) cibles identiques doivent être enterrées à la même profondeur. On utilise au moins 28 cibles dans chaque sol testé. Ce nombre minimum peut être composé de quatre types de cibles, comprenant chacun sept spécimens identiques, tous placés à la même profondeur. Ce nombre pourrait également comprendre des cibles identiques, sept d'entre elles étant situées à chacune des quatre profondeurs d'enfouissement.

Etant donné que les mines sont enfouies, il convient de noter leur emplacement avec précision. L'emplacement doit être exprimé en termes de mesure longitudinale et de mesure transversale par rapport, respectivement, aux extrémités et aux côtés des couloirs (les poteaux d'angle ou les piquets étant utilisés comme points de référence). Les types de mines et les profondeurs doivent être mélangés de façon aléatoire sur toute la longueur du couloir. Pour chaque couloir de test, il faut enregistrer la mesure de chaque emplacement réel de mine, ainsi que son type et sa profondeur. L'accès à ces informations doit être limité au personnel qui gère le test et ces dernières ne doivent être divulguées à aucun des opérateurs de détecteur participant au test.

Une fois les cibles de test installées dans les couloirs de test, on retire tous les indices visuels qui pourraient indiquer la présence d'une mine, par exemple en balayant ou en râtissant légèrement la surface des couloirs de test. Si les tests s'étendent sur une période de plusieurs jours, il faut inspecter les couloirs chaque jour pour enlever les indices qui pourraient apparaître à la suite de l'affaissement du sol, de la pluie ou analogue. Malgré toutes ces mesures, des indices révélateurs peuvent toujours apparaître. C'est pourquoi les opérateurs de détecteur doivent savoir que le test sert à mesurer la fiabilité de détection du détecteur (et non à mesurer la performance individuelle de chaque opérateur) et qu'il leur faut donc ignorer tout indice visuel indiquant l'emplacement d'une cible.

8.5.5 Opérateurs

Les opérateurs des détecteurs de métal doivent être capables d'utiliser le détecteur tel que prévu par le fabricant, mais ils devraient être représentatifs des opérateurs qui utiliseront le détecteur sur le terrain. Le but de cet accord AACEN est de fournir une évaluation objective des capacités du détecteur. Toutefois, puisqu'une partie essentielle du fonctionnement du détecteur repose sur l'interprétation des indications d'alarme par l'opérateur, des variables constituées par des facteurs humains sont introduites dans le test. Pour réduire au minimum l'effet d'un même opérateur sur les résultats, au moins trois (3) opérateurs différents doivent utiliser chaque type de détecteur, le nombre d'opérateurs recommandé étant de six (6). Si possible, tous les opérateurs devraient utiliser chaque détecteur dans chaque couloir de test.

Les opérateurs devraient être entraînés à utiliser correctement tous les détecteurs qu'ils seront appelés à manipuler lors des tests de détection aveugles. Ils devraient avoir suffisamment de temps pour se familiariser avec le fonctionnement du détecteur, pouvoir s'assurer que chaque détecteur est capable de détecter des mines dans une zone d'étalonnage et apprendre à décoder les sons émis par les détecteurs. Pour chaque détecteur, il faut enregistrer le nom des opérateurs et le numéro du couloir de test.

REMARQUE : Les démineurs sont souvent habitués à des détecteurs spécifiques lors des opérations de déminage. Cette bonne connaissance de certains détecteurs peut affecter les résultats d'un test. Par conséquent, il faut prendre note de la marque et du modèle de détecteur qu'ils ont utilisé.

8.5.6 Procédure de test

Au début de chaque test, on configure le détecteur conformément aux instructions du fabricant données dans le manuel d'utilisation. Le détecteur doit être configuré de façon qu'il ait la plus grande sensibilité possible sur le sol du couloir de test, selon la procédure décrite à la section 8.1.5. Une fois que le détecteur a été réglé par rapport aux conditions du sol, on mesure la sensibilité dans l'air conformément aux sections 6.3.3 et 6.4.

Le test doit être effectué par un opérateur utilisant le détecteur manuellement.

Les tests de détection doivent être aveugles, c'est-à-dire que l'opérateur ne doit pas connaître l'emplacement des cibles mises en place dans le couloir avant de commencer la recherche avec le détecteur. L'opérateur doit être supervisé à tout moment par le personnel chargé de la gestion des tests.

On utilise chaque détecteur dans son mode de fonctionnement normal, en le déplaçant manuellement dans une direction transversale, à une vitesse garantissant une capacité de détection optimale (voir sections 6.4.2 et 6.4.3) et à une hauteur de balayage standard (B.5). Entre les balayages, l'opérateur déplace le détecteur vers l'avant, le long du couloir de test. La distance entre les balayages successifs dans le sens aval doit être assez petite pour garantir que la zone de haute sensibilité de la tête de détection couvre tout le terrain. Il est possible de déterminer le chevauchement approprié entre les balayages en mesurant le profil de sensibilité tel que décrit dans la section 6.7.

L'opérateur doit tenter de détecter toutes les cibles situées dans le couloir de test. Lorsque l'opérateur a réalisé une détection, il/elle doit essayer, au mieux de sa capacité et de la capacité du détecteur, de déterminer l'emplacement du centre de la cible détectée et placer un marqueur non métallique sur le sol pour marquer l'emplacement de la détection.

À chaque passage, il faut alterner la direction dans laquelle l'opérateur se déplace le long d'un couloir (de bas en haut, de haut en bas) afin qu'il soit plus difficile pour lui de mémoriser les endroits où il/elle a déjà détecté une cible. Pour cette même raison, les autres opérateurs ne doivent pas observer les tests aveugles. Les membres du personnel chargés du test seront les seuls observateurs.

Après chaque traversée des couloirs de test aveugle, le personnel de test doit mesurer l'emplacement de toutes les détections marquées, enregistrer les mesures et récupérer les marqueurs. Après chaque test, on compare les détections de test enregistrées et leurs emplacements aux emplacements réels des cibles posées, afin de déterminer les résultats du test. On répète ce processus pour chaque détecteur dans chaque type de sol. Si possible, on réalise le test avec au moins deux (2) exemplaires du même modèle de détecteur. Le test doit être effectué au moins deux fois pour chaque détecteur individuel avec chaque opérateur. Si l'on utilise plus d'un réglage de sensibilité pour un détecteur au cours des tests, il faut répéter le test à deux reprises pour chaque réglage et pour chaque opérateur.

Lorsque le test est terminé et que les cibles ont été retirées, on vérifie l'identité et la position des cibles retirées et on les compare aux mesures de l'emplacement d'origine. En cas de divergence, les résultats du test seront corrigés comme il convient.

Pour tenir compte de l'incertitude liée à la localisation de l'origine des signaux émis par la cible, on utilise un halo de détection mesuré depuis le centre de chaque cible. Le rayon du halo de détection doit être tel que spécifié en B.6. Toute marque placée dans les limites du halo pour une cible donnée doit être déclarée comme une vraie indication (c'est-à-dire une détection réussie) de cette cible. Toute marque placée en dehors du halo doit être déclarée comme une fausse indication. Toutes les indications, vraies et fausses, doivent être enregistrées et comptabilisées, tout comme les cibles manquées.

Si des emplacements dans le couloir de test donnent de fausses indications persistantes, il convient de les examiner pour s'assurer qu'aucun objet métallique n'aurait été laissé là par inadvertance. Dans le cas où l'on trouverait un tel objet, toutes les indications des tests précédents correspondant à cet objet (à l'intérieur du halo de détection) doivent être omises lors de l'analyse des résultats.

8.5.7 Résultats des tests, compte rendu et évaluation

Pour chaque détecteur testé et chaque combinaison entre la cible, la profondeur et le sol, il convient de signaler les éléments suivants :

- 1) le nombre et les emplacements des vraies indications (pour tous les opérateurs) ;
- 2) le nombre et la localisation des cibles manquées (pour tous les opérateurs) ;
- 3) le nombre et l'emplacement des fausses indications (pour tous les opérateurs).

8.6 Tests supplémentaires de fiabilité de la détection

Le niveau élémentaire de test décrit ci-dessus fournit une base commune de tests de fiabilité de la détection qui permettra de comparer les résultats des tests de détecteurs obtenus lors de différents essais et en différents lieux (convient aux essais de « compte rendu de l'utilisateur »).

Pour satisfaire les besoins des démineurs locaux souhaitant connaître les capacités du détecteur testé lorsqu'il est spécifiquement appliqué à leurs conditions locales, on peut compléter les tests de base par des tests sur le terrain orientés sur les opérations, conçus par les CLAM et les ONG locales avec la participation des démineurs locaux, c'est-à-dire des « essais d'acceptation » adaptés aux exigences locales.

Les principales catégories de tests supplémentaires peuvent comprendre les éléments suivants :

- niveaux de végétation croissants (si des opérations de déminage avec détection de métal se déroulent en présence de niveaux de végétation encore importants) ;
- inégalité croissante du terrain ;
- multiples emplacements de mines avec une distance de séparation minimale ;
- différentes orientations de mines, autres que la simple position horizontale ;
- tests de rejet de fouillis d'écho métallique (nécessite la définition d'un seuil de fouillis en termes de cibles standard).

Dans tous les cas, les tests ouverts doivent être effectués avant les tests de fiabilité aveugles.

9. Caractéristiques de performance opérationnelle

9.1 Généralités

9.1.1 Principes

Il existe plusieurs types de tests qui peuvent être effectués dans un environnement opérationnel ou « sur le terrain ». Il peut être nécessaire de tester la capacité d'un détecteur de métal à détecter des cibles dans certaines conditions, soit dans l'air soit dans le sol. Ces tests sont décrits dans les sections 6 et 8, avec des conseils sur la manière de les réaliser manuellement dans des conditions de terrain.

On peut également effectuer d'autres tests simples pour mesurer la performance des détecteurs dans des conditions locales et pour des cibles spécifiques. Ces tests sont décrits dans la présente section.

La zone doit être aussi libre que possible de toute interférence électromagnétique ; il faut réduire le risque à un minimum en mettant hors tension tout équipement inutile et en effectuant le test le plus loin possible des équipements en fonctionnement, sauf dans les cas où ce sont précisément les effets de telles interférences qui sont testés.

Pour chaque test, on mesure la hauteur de détection maximale dans l'air pour le réglage de sensibilité utilisé dans le test, en utilisant la cible spécifiée dans la section 6.4 et conformément à la section 6.3.3.

9.1.2 Exigences générales en matière de compte rendu

Bien que les tests décrits dans cette section soient souvent effectués dans des conditions moins contrôlées que les tests en « laboratoire » indiqués dans la section 6, par exemple, toutes les conditions doivent être enregistrées avec précision. Les mesures (en unités métriques ISO) et autres informations qui suivent doivent être enregistrées avant et pendant les tests :

- 1) L'emplacement du site de test (par exemple, latitude et longitude) ;

AACEN 14747:2003 (F)

- 2) Les conditions météorologiques, la température du sol ou de l'air, la pression atmosphérique, la vitesse et la direction du vent au cours des tests ;
- 3) La description de tout événement imprévu (panne d'équipement, etc.) survenant lors des tests ;
- 4) Les précautions prises en termes de sécurité et de santé ;
- 5) Les remarques accessoires sur les conditions climatiques, la facilité de transport, de manutention et d'entretien, conformément à la section 10.

Au besoin, les données recueillies pour chaque procédure de test seront présentées à l'aide de commentaires, de tableaux, de photos, de vidéos, de schémas et de graphiques, et seront résumées pour chaque test individuel. Il convient de décrire les modèles et autres techniques statistiques de manière suffisamment détaillée pour permettre au lecteur de comprendre les bases de l'analyse.

9.2 Précision de la localisation de la cible

9.2.1 Principe du test

L'objectif de ce test est de mesurer la précision avec laquelle le détecteur peut localiser la position d'une cible cachée. Ce test permet d'évaluer la précision de localisation inhérente du détecteur par rapport à une cible ponctuelle. On peut utiliser les résultats pour comparer les détecteurs, mais ils ne sont pas représentatifs de la précision qui sera atteinte lors de la localisation d'autres cibles, de type varié, au cours d'opérations de déminage réelles.

La méthode utilisée doit être celle que décrit le manuel du détecteur pour localiser l'objet métallique qui déclenche une indication d'alarme (souvent appelée « *pinpointing* » en anglais, c'est-à-dire « localisation précise »).

La précision avec laquelle les tâches peuvent être effectuées dépend de l'expérience et de l'habileté de l'opérateur. Comme pour les tests de fiabilité de la détection décrits dans la section 8.5 ci-dessus, l'habileté de l'opérateur influence les résultats du test ; il faut par conséquent utiliser plusieurs opérateurs (au moins trois (3)) afin d'atténuer cet effet.

9.2.2 Procédure de test

La cible doit être un objet métallique de type ponctuel, c'est-à-dire que ses dimensions doivent être très petites par rapport de la tête de détection du détecteur de métal. La cible doit toutefois produire une réponse assez forte pour pouvoir être clairement détectée aux différentes hauteurs de la tête de détection au-dessus de la cible utilisée. On peut citer comme exemple de cible la broche en acier de l'ITOP O₀ décrite en B.2 (0,2 g, 14 mm de long x 1,6 mm Ø).

On effectue un test avec la cible située immédiatement sous la tête de détection (<10 mm) et un autre avec la cible située à 50 mm au-dessous de la tête de détection. Étant donné qu'il s'agit d'un test aveugle, il faut couvrir la zone cible ou utiliser d'autres moyens pour empêcher l'opérateur de voir des indices indiquant la cible.

Le test doit être effectué dans l'air (au moins 0,3 m au-dessus du plancher ou du sol) ou dans le sol.

La cible doit être placée au hasard dans un cadre ou un gabarit et cachée par une protection au-dessus de laquelle on fait passer la tête de détection. On passe le détecteur au-dessus du cadre de test dans deux directions perpendiculaires et on localise la cible conformément à la pratique recommandée pour le détecteur, tel qu'indiqué dans le manuel. On mesure ensuite la distance qui sépare l'emplacement mesuré de la cible de son emplacement réel et on répète le test avec les nouvelles coordonnées de la cible.

Un moyen d'effectuer ce test consiste à construire un cadre de plastique ou de bois dans lequel on place la cible au hasard sur une grille au-dessus d'une feuille de papier format A5 ISO. Pour les tests dans le sol, on place le cadre sur le sol au-dessus de la position marquée de la cible. On place la cible dans l'une des cases de la grille en fonction de coordonnées générées aléatoirement.

On recouvre la cible d'une feuille acrylique transparente pour obtenir la hauteur de tête de détection appropriée au-dessus de la cible. On fixe une feuille de papier calque sur la protection. On masque la cible à l'aide d'une feuille de papier que l'on place entre la feuille et la protection. On localise la cible à l'aide du détecteur de métal et on marque sa position sur le papier calque. On découvre alors la cible afin de pouvoir mesurer la distance entre le point marqué et la position réelle du centre de la cible.

Si le test est effectué sur et dans le sol, il est probable que le marquage de la position de la cible sera moins précis, ce qui se reflétera dans les résultats.

On répète le test cinq (5) fois pour chaque opérateur, en changeant l'emplacement de la cible à chaque fois. On enregistre la distance moyenne par rapport à l'emplacement réel pour chaque opérateur.

9.2.3 Résultats des tests et compte rendu

Pour chaque tentative, on enregistre la distance entre l'emplacement réel et l'emplacement mesuré. On note l'écart type de localisation et la dispersion. Si le test est effectué dans le sol, on consigne les caractéristiques du sol tel que décrit à la section 8.1.4. Un exemple de formulaire de test est fourni à l'annexe D.7.

9.3 Détermination de la forme de la cible

9.3.1 Principe du test

L'objectif de cet test est de déterminer la capacité du détecteur à distinguer des cibles masquées ponctuelles, linéaires et bidimensionnelles (disques).

La méthode utilisée pour effectuer ces tâches doit être telle que décrite dans le manuel du détecteur.

La précision avec laquelle ces tâches peuvent être effectuées dépend de l'expérience et de l'habileté de l'opérateur. Comme pour les tests de fiabilité de la détection décrits dans la section 8.5 ci-dessus, l'habileté de l'opérateur influence les résultats du test ; il faut par conséquent utiliser plusieurs opérateurs (de préférence au moins trois (3)) afin d'atténuer cet effet.

9.3.2 Procédure de test

Pour le test de détermination de la forme, on utilise trois cibles tel qu'indiqué en B.4 ; une bille d'acier, une tige et un disque. Les cibles doivent être placées à deux profondeurs dans le sol pour la réalisation du test : à la surface et à 50 mm. Les cibles de type tige et disque doivent être placées horizontalement. Ce test peut également être effectué dans l'air.

Les cibles doivent être placées de façon aléatoire sur une parcelle libre de tout métal à des endroits non connus de l'opérateur. Le placement des cibles et la séquence de test doivent être effectués de sorte qu'il ne soit pas possible de deviner le type de cible par un processus d'élimination, sur la base des résultats obtenus pour les cibles dont la forme a déjà été déterminée.

On passe le détecteur d'un côté à l'autre du couloir, comme pour la fouille d'un champ de mines. Lorsque la cible est détectée, l'opérateur suit la procédure recommandée par le fabricant pour déterminer l'étendue de la cible et, par conséquent, si la cible est ponctuelle, linéaire ou plate.

Il faut identifier chaque type de cible au moins trois (3) fois, soit en répétant le test avec les mêmes cibles à différents endroits, soit en utilisant de nombreuses cibles.

9.3.3 Résultats des tests et compte rendu

On enregistre la capacité de caractériser les cibles comme ponctuelles, linéaires et plates sous la forme d'un pourcentage de la classification correcte pour chaque forme. Le milieu dans lequel les tests sont effectués (de type air ou de type sol) doit être consigné. Un exemple de formulaire de test est fourni à l'annexe D.8.

9.4 Pouvoir de résolution de cibles adjacentes

9.4.1 Principe du test

L'objectif de ce test est de déterminer la capacité du détecteur de métal à distinguer des cibles enterrées à proximité les unes des autres. Le test inclut tant des cibles de taille similaire que des cibles de tailles différentes. On mesure la distance de séparation minimale à laquelle les cibles peuvent être distinguées les unes des autres.

9.4.2 Procédure de test

Le test est effectué à l'aveugle : la séparation entre les cibles n'est pas révélée à l'opérateur.

La « petite » cible est une bille en acier chromé de 5 à 10 mm de diamètre tel qu'indiqué en B.1.

La « grosse » cible est un disque en acier tel qu'indiqué en B.4 ou une cible représentative d'une forte menace métallique locale.

Les cibles sont placées a) à la surface, b) à une profondeur de 50 mm. Les disques doivent être enterrés à l'horizontale.

On mesure le pouvoir de résolution pour deux configurations : entre deux petites cibles et entre une grosse cible et une petite cible.

On place les deux cibles à la surface ou on les enterre s'il y a lieu et on passe le détecteur au-dessus des deux cibles dans toutes les directions pour tenter de les distinguer. En ce qui concerne les cibles placées en surface, on déplace les cibles jusqu'à atteindre la distance de séparation minimale, celle à laquelle les cibles produisent encore deux indications d'alarmes distinctes. En ce qui concerne les cibles enterrées, soit on déterre et on enterre une même cible à chaque fois pour changer la distance de séparation, soit on utilise plusieurs paires de cibles situées à différentes distances de séparation.

Les signaux d'alarme des deux cibles doivent pouvoir être clairement distingués à la distance de séparation minimale. Pour que l'on puisse distinguer les cibles, il faut qu'il n'y ait aucune indication d'alarme entre deux cibles de test ou qu'il y ait un « minimum » clairement audible dans le ton et/ou l'amplitude de l'alarme, selon le modèle du détecteur.

9.4.3 Résultats des tests et compte rendu

On enregistre les distances de séparation minimales auxquelles les cibles peuvent être distinguées (distance entre les centres des cibles et aussi entre les bords des cibles utilisées) pour les quatre combinaisons de paires de cibles et profondeurs suivantes :

- deux petites cibles à la surface ;
- une petite cible et une grosse cible à la surface ;
- deux petites cibles à 50 mm de profondeur ;
- une petite cible et une grosse cible à 50 mm de profondeur.

Un exemple de formulaire de test est fourni à l'annexe D.9.

9.5 Influence de milieux spécifiques sur la détection

9.5.1 Principe du test

Des tests permettant de déterminer l'effet du sol sur les performances de détection des détecteurs de métal sont décrits dans la section 8 ci-dessus. Dans une situation de terrain, il peut être nécessaire de connaître l'effet des conditions particulières d'un terrain local sur la sensibilité d'un détecteur. Par exemple, il peut être utile de connaître les effets d'un sol magnétique, de briques et autres maçonneries, de poteries, de pierres ou roches magnétiques isolées ou analogues sur la capacité de détection de cibles enfouies sous ces matériaux.

Les tests qui suivent décrivent des méthodes qui permettent de tester les détecteurs dans ce type de conditions particulières.

L'objectif de ces tests est de définir l'influence du sol ou d'autres milieux sur les performances du détecteur et sur sa capacité à s'adapter à ces conditions. Le premier test consiste à reproduire les tests dans le sol dans le milieu spécifique rencontré. Le second test vise à déterminer de manière spécifique l'effet d'un milieu hétérogène (pierres magnétiques isolées, etc.) sur le détecteur.

9.5.2 Procédure – Test 1

Les tests doivent être réalisés dans des zones où les conditions sont connues et réunies de façon à ressembler le plus possible à l'environnement réel des champs de mines. Dans la mesure du possible, on mesure et on relève les propriétés magnétiques du sol, conformément à la section 8.1.4. La zone de test doit être contrôlée et préparée tel qu'indiqué dans les conditions générales de test de la section 8.1.2.

On prépare les zones de test de façon à imiter la structure du scénario de déminage qui nous intéresse. Par exemple, s'il faut tester la capacité de détection à travers une couche de briques, les cibles doivent être placées sous une couche de briques.

Les tests dans le sol décrits dans les sections 8.2 (courbes de sensibilité) et 8.3 (détection de cibles spécifiques à des profondeurs fixes) doivent être exécutés comme prévu. En particulier, on utilisera des cibles imitant la réponse des mines/MNE représentant la menace locale.

9.5.3 Procédure - Test 2

La présence dans le sol de pierres isolées exerçant une forte influence sur les détecteurs constitue une situation particulière dans laquelle on peut tester la performance. La capacité du détecteur à rejeter les signaux du sol est mise à plus grande épreuve dans un milieu aux propriétés électromagnétiques hétérogènes, par exemple dans un sol faiblement électromagnétique mais contenant des pierres hautement magnétiques, que dans un milieu homogène.

On prépare un couloir de test contenant des pierres magnétiques ou d'autres obstacles nécessaires au test. La taille des pierres utilisées doit être représentative de la situation dans une zone à déminer. Les pierres doivent être enterrées au ras de la surface du sol.

On configure le détecteur de métal normalement (8.1.5). On passe ensuite le détecteur sur les pierres et, si nécessaire, on le règle jusqu'à ce que les pierres ne déclenchent plus d'indication d'alarme, conformément à la méthode de rejet des signaux du sol utilisée pour ce détecteur. S'il n'est pas possible d'éliminer le signal provoqué par la pierre de cette façon, cela doit être noté et le test doit être interrompu.

Avec les paramètres inchangés, on procède alors aux tests de détection des cibles d'intérêt conformément à la section 8.3. Il convient toutefois d'inclure dans ces tests des tests sur des cibles situées dans des zones où le sol ne contient aucune pierre (plus de 0,3 m entre la cible et la pierre), des tests sur des cibles situées en-dessous (ou à côté) des pierres et des tests sur des pierres seules afin de vérifier que leurs signaux sont bien rejetés.

9.5.4 Résultats des tests et compte rendu

L'évaluation des résultats du test 1 s'effectue comme indiqué pour les tests dans le sol, les courbes de sensibilité et/ou les résultats de « cible détectée/non détectée » sur les cibles à profondeur fixe.

Pour le test 2 de détection des cibles lorsque le détecteur est réglé pour rejeter le signal d'une pierre magnétique isolée (ou similaire), il faut enregistrer les résultats pour la détection des cibles éloignées et des cibles proches des pierres.

9.6 Détection à proximité de grands objets métalliques linéaires

9.6.1 Principe du test

Dans les zones urbaines, il peut être nécessaire que le détecteur soit capable de fonctionner à proximité de grands objets métalliques linéaires, tels que des canalisations, des voies ferrées, des pylônes électriques, des tuyaux, des conduites, du béton armé etc. Ce test vise à déterminer dans quelle mesure un détecteur peut fonctionner dans ces conditions sans perdre sa sensibilité. La proximité de travail possible dépendra de la teneur en métal des cibles. Les cibles doivent donc être sélectionnées en fonction de la principale menace présente dans la zone.

De nombreux détecteurs de métal font appel à des modèles de bobines qui les rendent relativement insensibles aux objets métalliques exerçant la même influence des deux côtés de la bobine. D'autres détecteurs font appel à des techniques de filtrage passe-haut ou auto-zéro pour éliminer les signaux qui ne varient que faiblement avec le temps. Ces modèles de détecteurs peuvent en principe être utilisés à proximité de grands objets métalliques linéaires, être passés parallèlement à ces derniers et détecter malgré tout des cibles plus petites. L'objectif de ce test est de déterminer l'efficacité des détecteurs de ce genre ainsi que d'autres détecteurs de métal plus traditionnels.

Le test peut servir à mesurer cette capacité pour une cible d'intérêt particulière (une menace locale). Le test peut également être utilisé comme un test général de la capacité des détecteurs à détecter des cibles dans ce scénario.

Ce test mesure la distance critique à laquelle le détecteur peut tout juste distinguer le signal de l'objet linéaire et le signal de la cible de test.

9.6.2 Procédure de test

Lorsque cela est possible, on sélectionne une cible de test qui aura une réponse équivalente à la menace des mines que l'on s'attend à trouver dans la zone. On peut également utiliser d'autres cibles simulant les mines.

Si le test est utilisé comme un test général de la capacité de détection (et non pour une cible spécifique), la cible choisie sera une bille en acier chromé d'un diamètre de 10 mm tel qu'indiqué dans la section B.1.

On utilise une barre d'acier d'une longueur minimale de 2 m et d'une forme arbitraire en section transversale, mais d'une surface de section transversale de 10 mm (min.) x 10 mm (min.) pour représenter un gros objet métallique linéaire.

On enterre les cibles a) au ras de la surface et b) à 50 mm de profondeur. On place la barre à la surface du sol, de façon que la cible soit la plus proche possible du milieu de la barre (à au moins 0,5 m de chaque extrémité). Au départ, on maintient la barre éloignée de la position de la cible (>0,5 m).

Il s'agit d'un test aveugle, il est dit à l'opérateur que la cible se trouve dans la zone de test, mais sans lui révéler l'emplacement exact de la cible. On passe le détecteur dans le sens de balayage opérationnel normal, parallèlement à la barre, au-dessus de la zone de test. On obtient une indication d'alarme de la cible, que l'opérateur localise comme décrit à la section 9.2.

On rapproche alors progressivement la barre de la cible et on répète le balayage jusqu'au point où la barre déclenche une indication d'alarme. Il faut déplacer la barre jusqu'à la distance la plus proche de la cible à laquelle se produit une indication provenant de la cible, mais pas de la barre.

9.6.3 Résultats des tests et compte rendu

On enregistre la distance perpendiculaire horizontale minimale entre la barre et l'emplacement **réel** de la cible à laquelle la cible produit une indication d'alarme, mais pas la barre. Un exemple de formulaire de test est fourni à l'annexe D.10.

Si la position de la cible n'est pas localisée dès le départ à 50 mm près, toute mesure ultérieure de la distance minimale séparant la cible de la barre inférieure à 50 mm doit être considérée comme non fiable et écartée.

9.7 Effet de sources d'interférences électromagnétiques spécifiques

9.7.1 Principe du test

La communication radio est nécessaire et utilisée dans toutes les opérations de déminage. On fait appel à divers types de radios sur les chantiers pour maintenir la communication avec la base d'opérations. Il est possible que ces sources de champs radiofréquences interfèrent avec le détecteur, déclenchant des indications d'alarme ou d'autres effets.

Les lignes électriques et autres équipements d'alimentation électrique (transformateurs, appareillages de connexion, etc.) sont des sources possibles d'interférences électromagnétiques avec les détecteurs de métal.

REMARQUE : Les interférences provenant des équipements d'alimentation électrique peuvent dépendre de la charge de courant avec laquelle ils fonctionnent. Si la charge n'est pas connue au moment du test, le test est mal contrôlé.

L'objectif de ce test est de déterminer la distance minimale par rapport à n'importe quelle source spécifique de ce type d'interférences à laquelle le détecteur peut être utilisé.

9.7.2 Procédure de test

On configure le détecteur conformément au manuel d'utilisateur et on le règle en fonction du sol local tel qu'indiqué en 8.1.5. On mesure la sensibilité dans l'air conformément à la section 6.4.

Si la source d'interférences potentielle est une radio, il faut l'allumer et l'utiliser de la manière habituelle.

Si on teste le détecteur par rapport à des interférences provenant d'une ligne électrique suspendue, on utilise le point le plus bas de la ligne comme point de référence.

L'opérateur se rapproche de la source en passant le détecteur normalement. Lorsque les interférences provenant de la source se produisent, on déplace à nouveau le détecteur jusqu'à ce que les interférences s'arrêtent.

Si la source est une ligne électrique, l'opérateur se dirige vers la ligne d'alimentation, dans une direction perpendiculaire à la ligne.

9.7.3 Résultats des tests et compte rendu

On enregistre la sensibilité du détecteur pour le test, telle que mesurée par la hauteur de détection maximale décrite en 6.4.1. Si la source potentielle provoque des interférences, ce fait doit être consigné. Il faut également prendre note de la distance minimale à laquelle le détecteur est libre de toute interférence provenant de la source.

L'état de fonctionnement de la source d'interférences potentielles doit être enregistré lorsque cela est possible : par exemple, le type de radio, les réglages de puissance et la fréquence utilisée, ainsi que la charge de courant des lignes électriques.

9.8 Interférences mutuelles entre les détecteurs

9.8.1 Principe du test

En cours de fonctionnement normal, les démineurs travaillant avec des détecteurs se tiennent à distance les uns des autres.

AACEN 14747:2003 (F)

En cas d'accident, cependant, il peut être nécessaire de s'approcher d'un démineur blessé sur un terrain qui n'a pas été dépollué en utilisant un détecteur pour des raisons de sécurité. Si le détecteur du démineur blessé est toujours allumé, il est possible que les deux détecteurs se rapprochent l'un de l'autre au cours de la procédure de sauvetage.

L'objectif de ce test est d'établir la distance minimale de travail d'un détecteur allumé par rapport à un autre. Certaines paires de détecteurs peuvent se perturber mutuellement moins que d'autres, on peut donc sélectionner les détecteurs les plus appropriés (les moins touchés) et les préparer au cas où ils devraient être utilisés lors de telles opérations de sauvetage.

9.8.2 Procédure de test

Il faut pour ce test un détecteur stationnaire et un détecteur en mouvement. Le test permet de déterminer l'effet du détecteur stationnaire sur le détecteur en mouvement.

On configure le détecteur stationnaire de façon qu'il présente la sensibilité dans l'air la plus élevée possible sans que l'alarme se déclenche. On pose le détecteur sur le sol ou on le tient à l'écart du sol pour éviter les alarmes provenant du sol, avec l'axe de la bobine de la tête de recherche dirigé dans la direction d'approche du détecteur en mouvement.

On configure le détecteur en mouvement de façon qu'il présente la sensibilité dans l'air la plus élevée possible sans que l'alarme se déclenche, dans une position éloignée du détecteur stationnaire (à une distance d'au moins 15 m).

L'opérateur dirige la tête de recherche du détecteur en mouvement vers le détecteur stationnaire et l'en rapproche. Au premier signal d'interférence audible, il s'arrête et détermine la distance minimale entre les détecteurs à laquelle il n'entend aucune interférence. On enregistre cette distance et on répète le test à cinq (5) reprises.

Ce test devrait être répété pour différentes combinaisons de types de détecteurs.

9.8.3 Résultats des tests et compte rendu

On enregistre la distance minimale moyenne à laquelle le détecteur en mouvement ne subit pas d'interférences provenant du détecteur stationnaire. On peut parfois constater que pour chaque type de détecteur utilisé comme détecteur stationnaire, il existe un autre type de détecteur qui peut s'en approcher au plus près sans qu'il y ait d'interférences. Ce résultat doit être enregistré ; il constitue une information précieuse pour l'accomplissement réussi d'une éventuelle opération de sauvetage telle que celle qui est décrite en 9.8.1.

10. Évaluation des aspects ergonomiques et opérationnels

10.1 Tests de robustesse

L'objectif des tests de robustesse est de déterminer si un détecteur de métal est suffisamment robuste pour résister au traitement brutal dont il fera l'objet lors des opérations et lors du transport sur le terrain. Les tests ne doivent pas seulement se limiter à des tests fonctionnels, mais on mesurera également la capacité de détection afin de déterminer si le test a dégradé les performances du détecteur.

L'évaluation des résultats est simple puisque tout détecteur cessant de fonctionner ou ayant perdu sa capacité de détection est à écarter. Tout dommage visible doit également être noté. Il faut également commenter les éventuels points faibles observés concernant la construction et la facilité de réparation du détecteur.

10.1.1 Tests de résistance aux chocs et aux secousses

L'objectif du test de résistance aux chocs est de déterminer, dans le cadre d'un test contrôlé, si le détecteur est en mesure de résister à un choc mécanique sans que cela entraîne une diminution de ses performances. L'objectif du test de résistance aux secousses est de déterminer, dans le cadre d'un test

contrôlé, si le détecteur peut résister à des secousses répétées, comme celles auxquelles il pourrait être soumis lors d'un transport dans un véhicule motorisé où le détecteur ne serait pas attaché, sans que cela entraîne une diminution de ses performances.

Si ces tests sont nécessaires, il existe des normes qui précisent les méthodes à employer pour les effectuer. Les tests suivants sont décrits à titre indicatif, conformément aux spécifications existantes en matière de détecteurs de métal portatifs [9] :

- a) On teste le détecteur conformément aux exigences de la CEI 68-2-27:1987, en utilisant une forme d'onde demi-sinusoidale avec une accélération nominale maximale de 300 m/s^2 et une durée d'impulsion nominale de 6 ms ;
- b) On teste le détecteur conformément aux exigences de la CEI 68-2-29:1987, en appliquant 100 secousses, chacune d'une accélération nominale maximale de 400 m/s^2 et d'une durée d'impulsion nominale de 6 ms.

On mesure et on enregistre la capacité de détection avant et après les tests de résistance aux chocs et de résistance aux secousses conformément à la section 6.4 afin de déterminer s'il s'est produit un quelconque changement.

10.1.2 Tests de résistance aux chutes

En l'absence d'installations permettant de tester de façon complète les détecteurs conformément aux spécifications ci-dessus, il convient d'effectuer les tests qui suivent, plus simples mais moins contrôlés. L'objectif de ces tests est de déterminer si la chute du détecteur entraîne des dommages ou diminue les performances de l'appareil.

- 1) On range le détecteur dans son étui de transport et on le tient à 1,8 m au-dessus du sol. On le laisse alors tomber sur un sol dur (route asphaltée ou terre battue et/ou pierres). On répète l'exercice à cinq (5) reprises en plaçant l'étui dans des orientations différentes. On inspecte ensuite l'étui et le détecteur afin de déceler les éventuels dommages visibles et, le cas échéant, on prend note de ces dommages.
- 2) On tient le détecteur horizontalement à 1,2 m au-dessus du sol. On le laisse alors tomber sur un sol dur (route asphaltée ou terre battue et/ou pierres). On répète l'exercice à cinq (5) reprises en tenant toujours le détecteur horizontalement, mais dans des orientations différentes, de façon que différentes parties du détecteur heurtent le sol. On inspecte ensuite le détecteur afin de déceler les éventuels dommages visibles et, le cas échéant, on prend note de ces dommages.

On mesure et on enregistre la capacité de détection avant et après les tests de résistance aux chutes conformément à la section 6.4 afin de déterminer s'il s'est produit un quelconque changement.

10.2 Lignes directrices pour l'évaluation des aspects ergonomiques et opérationnels

Le test visant à évaluer les aspects ergonomiques et opérationnels du détecteur de métal doit se dérouler comme suit :

- 1) Déterminer s'il s'agit d'un appareil compact et facile à utiliser ;
- 2) Vérifier si le détecteur se présente sous la forme d'un appareil monobloc ou s'il comprend une unité séparée à attacher à la ceinture, par exemple. Évaluation : certains opérateurs préfèrent un appareil monobloc, tandis que d'autres préfèrent un appareil séparé à mettre à la ceinture pour avoir moins de poids à porter dans les mains.
- 3) Vérifier si le détecteur est facile à utiliser en position debout, agenouillée et allongée. Noter le temps nécessaire pour modifier la configuration du détecteur dans les différentes positions.
- 4) Mesurer la masse en fonctionnement du détecteur (en kg).
- 5) Déterminer le point d'équilibre du détecteur lors de l'utilisation et mesurer le(s) moment(s) (en Nm) s'exerçant sur la poignée du détecteur. Évaluation : un détecteur dont la poignée est en équilibre est moins fatigant à utiliser que celui dont la poignée est soumise à un moment significatif en cours d'utilisation.

- 6) Mesurer le moment d'inertie (en Kg.m²) du détecteur autour de son axe de rotation tout en le passant dans ses différentes positions d'utilisation. Par exemple, en position debout, l'axe de rotation se trouve généralement au niveau du coude ou de l'épaule de l'opérateur. Évaluation : même s'il est équilibré, un détecteur possédant un moment d'inertie élevé (masse élevée à une distance éloignée de l'axe de rotation) est fatigant à utiliser, car il faut lui appliquer un mouvement de rotation important (moment) pour le ralentir et l'accélérer à la fin de chaque balayage transversal.
- 7) Déterminer si le détecteur est d'un emploi facile et confortable pour des opérateurs de statures différentes (prendre en compte les statures possibles des utilisateurs) et pour des opérateurs gauchers.
- 8) Estimer si un opérateur possédant un faible niveau d'alphabétisation et/ou de connaissances techniques serait en mesure d'utiliser facilement le détecteur de métal.
- 9) Si le détecteur est équipé d'un système d'alarme sonore, vérifier si le niveau du son peut être réglé sur zéro. Évaluation : si le niveau du son peut être réglé sur zéro, cela peut arriver accidentellement en cours de fonctionnement et cette fonctionnalité est donc potentiellement dangereuse.
- 10) Déterminer la capacité auditive requise pour faire fonctionner le détecteur correctement. Évaluation : le meilleur détecteur est celui qui peut être utilisé même par quelqu'un dont la capacité auditive est inférieure à la normale.
- 11) Déterminer si le détecteur possède une alarme d'avertissement ou un arrêt automatique en cas d'affaiblissement des piles. Évaluation : est-il possible pour l'opérateur d'utiliser le détecteur avec une pile affaiblie?
- 12) Déterminer si le détecteur produit des indications de mode d'erreur.
- 13) Déterminer la présence d'un indicateur de bon fonctionnement du détecteur (par exemple une tonalité de fiabilité). Évaluation : il est préférable que le détecteur possède l'une ou l'autre tonalité de fiabilité. Si le détecteur ne produit aucun son ni aucune autre indication pendant son fonctionnement, il n'est pas facile pour l'opérateur de savoir qu'il fonctionne.
- 14) Noter les types de piles qui peuvent être utilisées. Évaluation : il est difficile de trouver des piles alcalines de bonne qualité dans de nombreux endroits reculés. Le détecteur peut-il fonctionner avec des piles rechargeables ou au zinc-carbone, même si cela implique une durée de fonctionnement plus courte?
- 15) Déterminer si la canne du détecteur est réglable et si les câbles sont protégés. Évaluation : le détecteur doit disposer d'une canne réglable si l'on souhaite l'utiliser dans différentes positions de fonctionnement. Des câbles qui peuvent s'accrocher à des obstacles ou à une partie du détecteur lors du montage/démontage peuvent s'endommager et représentent un inconvénient.

10.3 Interchangeabilité des pièces

L'objectif de ce test est de déterminer si des pièces supposément équivalentes d'un détecteur sont interchangeables d'un point de vue matériel, électrique et fonctionnel. Ce point est important lorsque l'on essaie d'assurer l'entretien du détecteur dans les conditions du terrain, où les pièces de rechange peuvent être difficiles à obtenir et où l'on en vient à devoir utiliser des pièces récupérées sur d'autres détecteurs. On pourrait, pour prendre l'exemple le plus simple, utiliser une tête de détection avec un boîtier de commande électronique différent de celui avec lequel elle a été livrée.

Pour tester l'effet de l'échange d'une pièce du détecteur contre un autre pièce portant le même numéro de référence, il faut d'abord régler le détecteur sur sa sensibilité maximale dans l'air selon le mode d'emploi. On mesure la sensibilité de détection conformément à la section 6.4.

On met ensuite le détecteur hors tension et on remplace la pièce en question par l'autre pièce portant le même numéro de référence. S'il n'est pas matériellement possible de remplacer la pièce, ce fait doit être consigné.

Après avoir remplacé la pièce, on ré-assemble le détecteur, on le met sous tension et on le règle sur sa sensibilité maximale dans l'air comme auparavant. On mesure à nouveau la sensibilité et on enregistre la mesure. Tout changement doit être noté. Le résultat attendu est que toute pièce portant le même numéro de référence devrait être matériellement interchangeable. En raison de la tolérance dans la fabrication de certains composants (notamment électroniques), il peut être nécessaire d'ajuster les circuits après le remplacement des composants afin d'obtenir des performances optimales. Dans ce cas, le remplacement direct, sans possibilité d'optimisation, peut entraîner de moins bonnes performances.

Annexe A: Sols de test

A.1 Généralités

Les méthodes destinées à la mesure des effets de sol décrivent des tests qui permettent de quantifier la performance de détection d'un détecteur associé à un sol particulier. Pour établir des comparaisons entre les détecteurs, il faut tester les détecteurs sur le même sol ou sur des parcelles de terre possédant des propriétés électromagnétiques similaires.

Le sol dans les zones de test doit être plat, avec des variations de hauteur inférieures à 20 mm pour toute longueur horizontale de 0,3 m. Le sol dans les zones de test doit être homogène, sauf lorsque l'on effectue des tests d'hétérogénéité contrôlée.

REMARQUE : Les tests réalisés uniquement sur des sols homogènes peuvent produire des résultats trompeurs concernant la performance du détecteur de métal.

A.2 Types de sols

Le test des détecteurs de métal peut s'effectuer sur tout sol que l'on considère comme représentant un type général ou spécifique de sol présent dans une zone minée.

Il convient de consigner le type de sol (sable, vase, argile, limon, tourbe, bauxite, latérite), ainsi que sa teneur en humidité au moment du test.

On peut utiliser des sols artificiels fabriqués à partir de mélanges de sols non magnétiques, de sable, d'argile ou d'autres milieux avec des minéraux magnétiques comme la magnétite afin de donner au sol des propriétés magnétiques contrôlées. Toutefois, le milieu ainsi obtenu peut ne pas être très représentatif d'un sol réel. Il est notamment difficile de reproduire la susceptibilité magnétique complexe (voir A.3 ci-dessous), propriété qui fait actuellement l'objet de recherches.

On mesure la conductivité électrique en S/m et la susceptibilité magnétique du sol (voir A.3 ci-dessous) en unités SI adimensionnelles avant et après les tests. Les instruments employés pour mesurer ces propriétés doivent avoir été étalonnés conformément aux normes nationales et avoir été utilisés conformément à leur mode d'emploi.

Compte tenu de la difficulté de mesurer les propriétés du sol qui affectent le plus les détecteurs de métal (voir A.3 ci-dessous), l'évaluation du type de sol à l'aide d'un détecteur de métal constitue souvent une aide précieuse. Il faut à cet effet utiliser un détecteur qui ne possède pas de fonction de compensation d'effets de sol (ou désactiver cette fonction). On peut quantifier l'influence du sol en mesurant la hauteur minimale au-dessus du sol à laquelle il faut soulever le détecteur pour arrêter une indication d'alarme (méthode utilisée en [7]). Cette mesure dépend du détecteur et des paramètres utilisés ; elle ne constitue donc pas une mesure standard de la réaction du sol susceptible d'être utilisée comme référence. Cette méthode peut toutefois être utilisée pour classer les sols au niveau local.

A.3 Susceptibilité magnétique des sols

Les mesures de la susceptibilité magnétique des sols sont difficiles à reproduire, car la mesure n'est pas toujours indépendante de la technique de mesure. C'est généralement parce que le volume de sol testé par l'instrument peut être hétérogène. La susceptibilité mesurée peut varier selon l'endroit et l'unité de mesure utilisée.

En outre, la susceptibilité mesurée dépend de la fréquence. La susceptibilité du sol présente un comportement dépendant de la fréquence (complexe) qui joue un rôle important pour certains types de détecteurs de métal. Sur ce type de détecteurs, un milieu doté d'une susceptibilité (réelle) indépendante de la fréquence ne produirait pas de réponse. C'est pourquoi il faudrait idéalement mesurer la susceptibilité

AACEN 14747:2003 (F)

complexe (parties réelle et imaginaire de la susceptibilité) sur toute la plage de fréquences utilisée par les détecteurs de métal. Malheureusement, au moment de l'élaboration de ce document, aucun instrument commercial connu n'est capable de réaliser cette mesure. Il existe certains instruments qui permettent de mesurer des échantillons à deux fréquences et, par conséquent, de mesurer la « susceptibilité dépendante de la fréquence » en termes d'un pourcentage de changement mesuré entre les deux fréquences.

Malgré ces difficultés, il est possible de classer les sols de manière approximative dans des gammes de susceptibilités magnétiques mesurées par des sondes de susceptibilité magnétique commerciales, exprimées par un nombre unique. La susceptibilité mesurée de cette façon ne peut que donner une indication approximative de l'effet relatif que le sol exercera sur un détecteur de métal.

Il peut arriver qu'un sol A donne une indication de susceptibilité plus faible qu'un sol B, mais qu'il exerce un effet plus important sur un détecteur de métal.

Les dimensions de la bobine de la sonde de susceptibilité magnétique doivent être similaires à celles de la tête de détection du détecteur de métal, de sorte que le volume de sol testé soit similaire. La classification de la susceptibilité est indiquée ci-dessous.

Classification	Susceptibilité magnétique (unités SI)
Neutre	De 0 à 50×10^{-5}
Modérée	De 50 à 500×10^{-5}
Élevée	De 500 à 2000×10^{-5}
Très élevée	Supérieure à 2000×10^{-5}

La susceptibilité de masse est la susceptibilité (de volume) divisée par la densité de l'échantillon. Cette propriété est, en principe, indépendante du degré de compaction du sol. Lorsque l'on effectue des mesures sur des échantillons de sol en laboratoire, c'est la mesure de la susceptibilité de masse qui est la plus utile, étant donné qu'un échantillon peu compact produira une susceptibilité de volume inférieure à celle d'un échantillon compact de même composition.

Pour les mesures sur le terrain, c'est la susceptibilité du volume réel dans l'état de compaction du sol donné qui est intéressante, car c'est cette dernière qui régit la manière dont le sol affecte un détecteur de métal.

Annexe B: Cibles de test

B.1 Cibles de test paramétriques

Pour mesurer la capacité de détection d'un détecteur de métal au fur et à mesure qu'elle varie avec la hauteur du détecteur par rapport à la cible, il faut utiliser un ensemble de cibles géométriques simples (voir 5.6) de tailles différentes. Il est ainsi possible de tracer sur un graphique la hauteur de détection maximale par rapport à la taille de la cible. Les cibles utilisées sont des billes métalliques sphériques. La tolérance acceptable pour la sphéricité de la bille en acier est de $\pm 0,1$ mm.

On utilise des billes dont les diamètres sont compris entre 3 mm et 30 mm.

Pour évaluer la sensibilité relative d'un détecteur à différents métaux, on utilise des billes dans les matériaux suivants :

- 1) On utilise un acier à haute teneur en carbone faiblement allié, aussi connu sous le nom d'acier chromé (désignations : UNS G52986, AISI 52100, UNI 100 Cr 6, DIN 1.3505) pour tracer la courbe de capacité de détection de base. Les billes dans ce matériau sont faciles à trouver partout dans le monde et permettent donc de mesurer sans difficulté les courbes de détection dans les conditions du terrain. Il s'agit d'un acier ferromagnétique. Certains tests ont montré [13] que des billes fabriquées dans différents aciers ferromagnétiques produisent des courbes de sensibilité pratiquement identiques, ce qui signifie que les courbes ne sont pas sensibles à de petites variations dans les propriétés du matériau. De nombreux composants des mines sont fabriqués en acier ferromagnétique (percuteur, par exemple).
- 2) Dans un acier inoxydable austénitique (désignations; UNS S31600, AISI 316). Ce métal possède une faible conductivité électrique et est essentiellement non magnétique (perméabilité magnétique effective d'environ 1). Les petites pièces fabriquées dans ce métal sont souvent difficiles à détecter.
- 3) En aluminium. De nombreux composants de mines, tels que les détonateurs, sont en aluminium. Il est donc important de pouvoir détecter ce métal.

On peut également ajouter d'autres matériaux d'intérêt à des fins de comparaison. On peut trouver du plomb et du cuivre dans certaines mines, par exemple. Dans tous les cas, on enregistre les spécifications des matériaux.

B.2 Cibles standard simulant les composants métalliques des mines (« ITOPs »)

Les cibles de test utilisées doivent avoir la teneur en métal typique d'une catégorie de mines. Ces cibles doivent être choisies dans l'ensemble de cibles de test indiqué ci-après. Ces cibles sont connues sous le nom de « composants ITOP » car elles ont été conçues comme les composants métalliques de simulations de mines plus grandes pour un projet de Procédure internationale pour les opérations de test ITOP (*International Test Operations Procedures*). Les cibles sont définies en [11]. Les cibles sont des pièces métalliques placées dans du silicone à l'intérieur d'un cylindre en plastique. Les pièces métalliques reposent au fond du cylindre. Les cylindres ont été conçus pour être insérés dans le fond d'une simulation de mine et sont marqués au moyen d'un couvercle gravé, qui se trouve donc sur la partie inférieure du cylindre lors d'une utilisation normale. Lorsque ces « composants ITOP » sont utilisés, le couvercle gravé se trouve par conséquent toujours sur le dessous et l'on mesure la hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible et la profondeur de la cible jusqu'au sommet du cylindre placé dans ce sens (voir figure 11).

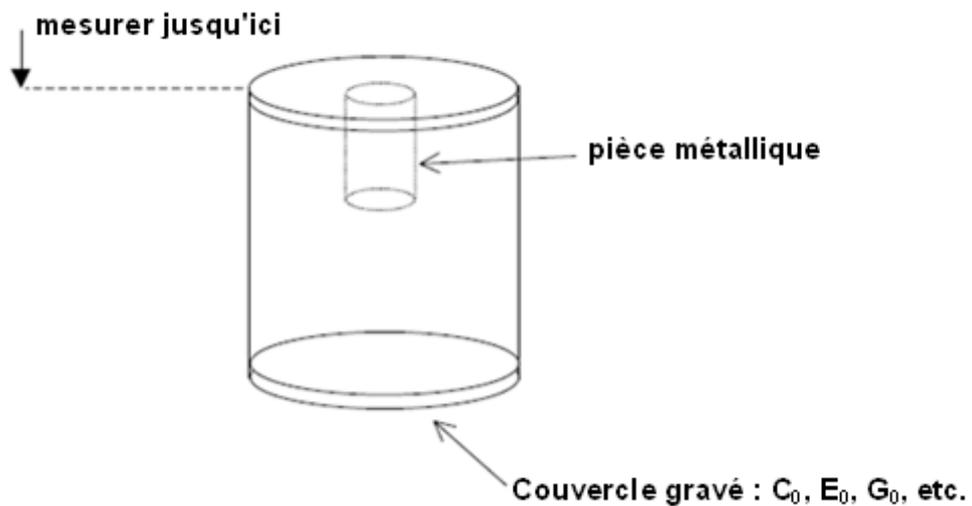


Figure 11 – Géométrie et orientation correcte de la cible de test « composant ITOP »

Composant ITOP	Niveau de détection	Composant métallique
C ₀	Très difficile	Bille en acier ordinaire : diamètre 3,2 mm
E ₀	Très difficile	Broche verticale en acier ordinaire : longueur 7 mm ; diamètre 1,6 mm
G ₀	Difficile à détecter	Tube vertical en cuivre : longueur 12,7 mm ; diamètre extérieur 3,2 mm ; épaisseur de la paroi 0,4 mm
I ₀	Difficile à détecter	Tube vertical en aluminium : longueur 12,7 mm ; diamètre extérieur 4,8 mm ; épaisseur de la paroi 0,38 mm
K ₀	Modérément difficile	Deux (2) parties : 1. broche verticale en acier ordinaire : longueur 7 mm ; diamètre 1,6 mm 2. tube vertical en aluminium : longueur 12,7 mm ; diamètre extérieur 6,35 mm ; épaisseur de la paroi 0,38 mm
M ₀	Modérément difficile	Tube vertical en aluminium : longueur 38 mm ; diamètre extérieur 6,35 mm ; épaisseur de la paroi 0,38 mm
O ₀	Le plus facile à détecter	Quatre (4) parties : 1. broche verticale en acier ordinaire : longueur 14 mm ; diamètre 1,6 mm 2. tube vertical en aluminium : longueur 38 mm ; diamètre extérieur 6,35 mm ; épaisseur de la paroi 0,38 mm 3. ressort vertical en acier ordinaire : longueur 25,4 mm ; diamètre extérieur 8,7 mm ; diamètre du fil 1,0 mm 4. bille en acier ordinaire : diamètre 6,35 mm

B.3 Mines cibles de test spécifiques

Il est souvent nécessaire de mesurer la réponse des détecteurs de métal par rapport à des mines spécifiques qui constituent une menace dans une zone particulière. Il est par ailleurs intéressant de connaître également la réponse à des mines particulières qui sont difficiles à détecter. Dans de tels cas, il arrive fréquemment que l'on mesure la réponse d'un détecteur envers une mine réelle qui a été neutralisée. Cette approche peut présenter des difficultés. Il peut être difficile, voire impossible, de neutraliser suffisamment la mine (pour pouvoir la transporter librement, par exemple), tout en conservant les composants métalliques dans la position dans laquelle ils se trouvaient à l'état armé. On peut alors utiliser une cible conçue pour avoir la même teneur en métal, en termes de configuration et de propriétés des composants.

Si la cible de test simule ou est destinée à simuler un type spécifique de mine, son emplacement, son orientation et les propriétés électromagnétiques des composants métalliques qu'elle renferme doivent représenter fidèlement ceux des composants métalliques de la mine spécifique dans son état armé normal.

La capacité d'un détecteur donné à détecter des mines réelles d'un type particulier peut varier, car les métaux utilisés dans les mines peuvent ne pas toujours être les mêmes. En outre, la corrosion des pièces métalliques de mines qui sont restées dans le sol pendant plusieurs années les rend également plus difficiles à détecter. C'est un point dont il faut toujours tenir compte lorsque l'on utilise des cibles de test pour prédire la capacité d'un détecteur à détecter une mine réelle. Par exemple, si l'on sait qu'un composant de mine en acier peut fortement rouiller s'il est laissé dans le sol pendant plusieurs années, on peut prévoir que le signal produit par ce composant va s'atténuer. En modifiant ou même en enlevant le composant d'une cible de substitution pour créer le cas le plus défavorable, on parvient à simuler la réponse envers une mine dans laquelle ce composant serait corrodé.

Lorsqu'une cible de test représente le ou les éléments métalliques d'un type particulier de mine, il faut placer la ou les pièces métalliques sur un support isolant ou un autre mécanisme permettant de reproduire l'emplacement et l'orientation corrects des composants par rapport au dessus de la mine lorsqu'elle se trouve dans son état normal armé. L'emplacement équivalant au dessus de la mine doit être clairement indiqué sur tout support ou dispositif de fixation. On mesure alors la distance de détection qui sépare le détecteur de la cible jusqu'au point marqué « dessus de la mine ».

La teneur en métal constitue l'aspect le plus important des cibles de test utilisées pour tester les détecteurs de métal. Toutefois, dans certains sols bruyants et pour certains détecteurs, le volume de sol déplacé par la mine peut avoir un effet sur la réponse du détecteur. C'est pourquoi une cible destinée à reproduire la réponse d'une mine réelle doit aussi posséder un volume et une forme globalement similaires à ceux de la mine réelle.

Si la cible de test est une simulation générique d'une classe ou d'une taille de mine, le volume global de la cible doit être représentatif de celui de ce type de mines.

B.4 Cibles pour la détermination de la forme

Pour tester la capacité du détecteur à distinguer des cibles ponctuelles, linéaires ou plates, on utilise les cibles suivantes :

- 1) Billes en acier tel que spécifié dans l'ensemble de cibles de test paramétriques B.1 ci-dessus, d'un diamètre de 5 à 10 mm ;
- 2) Tige en acier de section transversale circulaire, carrée ou autre. La section transversale doit avoir une dimension maximale de 10 mm. La longueur de la tige doit être de 50 mm. La tige doit être placée dans le sol avec son axe à l'horizontale.
- 3) Disque en acier d'un diamètre de 50 mm et d'une épaisseur minimale de 2 mm. On place le disque dans le sol avec le plan du disque à l'horizontale.

B.5 Profondeur et séparation des cibles et hauteur de balayage

Étant donné que l'on effectue des tests de détection de cibles enfouies à des profondeurs fixes dans le sol, il est nécessaire de définir des profondeurs d'enfouissement standard des cibles. Les profondeurs d'enfouissement des cibles doivent être les suivantes : 0 mm (affleurant la surface), 50 mm, 100 mm, 150 mm et 200 mm. La NILAM 09.10 *Exigences à satisfaire en matière de dépollution* [10] prescrit, à titre de recommandation, une profondeur de dépollution de 130 mm. Il peut donc être également nécessaire de tester la capacité de détection des cibles à une profondeur de 130 mm. La profondeur d'enfouissement est définie comme la profondeur verticale à laquelle se situe le sommet de l'objet de test sous la surface du sol. Lors des tests de détection aveugles, un enfouissement affleurant la surface du sol laisse la cible visible. Dans ce cas, il faut masquer le haut de la cible avec une fine couche de terre ne dépassant pas 10 mm d'épaisseur, ou par quelque autre moyen.

L'espacement minimal entre les cibles adjacentes doit être de 0,5 m.

S'il est nécessaire de déterminer les performances de détection du détecteur de métal testé pour de grosses cibles métalliques enfouies profondément, telles que des mines antichar métalliques, il faut enterrer les cibles de test correspondantes à 300 mm en-dessous de la surface.

Ces différentes profondeurs choisies pour le test des détecteurs de métal permettent d'évaluer différentes exigences en matière de performance de détection. La plupart des mines antipersonnel sont posées au ras ou juste en-dessous de la surface. Après un certain temps, elles peuvent se retrouver enfouies encore plus profondément. De plus, le composant métallique de la mine peut se retrouver vers le bas. La capacité de détection de nombreux détecteurs de métal varie rapidement à une portée aussi courte, d'où le choix de profondeurs de test supplémentaires à 50 mm et 100 mm. À des distances de l'ordre du rayon de la bobine, la performance relative des différentes configurations de la bobine des détecteurs peut changer; en d'autres termes, un détecteur qui est relativement sensible à courte portée peut se révéler relativement insensible à longue portée. D'où la profondeur d'enfouissement de 200 mm.

La hauteur maximale de balayage normale au-dessus de la surface du sol doit être de 30 mm.

La hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible doit être basée sur les profondeurs d'enfouissement et la hauteur de balayage mentionnées ci-dessus. Par exemple une hauteur de balayage de 30 mm combinée à une profondeur d'enfouissement de la cible de 50 mm équivaut (dans un sol neutre) à une hauteur de la tête de détection de 80 mm au-dessus de la cible. Les hauteurs standard de la tête de détection au-dessus de la cible deviennent donc de 30 mm, 80 mm, 130 mm et 230 mm.

B.6 Critères de détermination des vraies/ fausses indications lors de l'évaluation des tests aveugles

Lors des tests aveugles, il faut consigner les endroits où les opérateurs signalent des indications d'alarme. Pour déterminer si ces indications doivent être considérées comme provenant des cibles visées (c'est-à-dire comme de vraies indications) ou comme de fausses indications, on se base sur la distance qui sépare l'emplacement de l'indication de l'emplacement réel de la cible. Si l'emplacement de l'indication se trouve dans les limites d'une certaine distance par rapport à l'emplacement de la cible, elle doit être considérée comme une vraie indication de détection. Si l'indication se trouve au-delà de ces limites par rapport à l'emplacement de la cible, elle doit être considérée comme une fausse indication de détection. Le cercle autour de l'emplacement de la cible dont le rayon est défini par cette distance maximale est connu sous le nom de « halo de détection ». Le rayon du halo de détection doit être égal à la moitié de l'étendue horizontale maximale des composants métalliques situés dans la cible, plus 100 mm.

Annexe C: Informations fournies par les fabricants

Informations fournies par les fabricants des détecteurs de métal, qui permettent de faciliter le processus de test et d'évaluation de leurs produits en vue d'une utilisation dans le cadre du déminage humanitaire :

- 1) Mode d'emploi complet ;
- 2) Dimensions et masse du détecteur en cours de fonctionnement ;
- 3) Explication du mode de fonctionnement du détecteur, par exemple à ondes continues ou à ondes pulsées, fréquences utilisées/bande passante des impulsions, réponse dynamique/statique, réponse différentielle de la tête de détection, fonctionnalités de compensation d'effets de sol ;
- 4) Orientation, schéma et vitesse de balayage recommandés. Effet des différentes orientations de la tête de détection ;
- 5) Explication du fonctionnement de l'alarme, y compris les critères recommandés pour décider s'il y a ou non détection ;
- 6) Méthode à utiliser pour localiser des objets (« localisation précise » ou « *pinpointing* ») qui ont été détectés et estimer la précision de localisation pouvant être atteinte ;
- 7) Profil de sensibilité de la tête de détection et chevauchement recommandé entre les balayages successifs (pour des profondeurs de cible standard) lors de la recherche ;
- 8) Cible(s) utilisée(s) pour le test ;
- 9) Performances de détection dans l'air telles que mesurées par le fabricant en termes de hauteur de détection maximale d'une cible spécifique. Performances de détection telles que mesurées par le fabricant en termes de profondeur de détection maximale d'une cible spécifique dans un sol spécifique ;
- 10) Spécification des valeurs limites des propriétés des sols pour lesquelles le détecteur fonctionne ;
- 11) Type de pile recommandée et durée de fonctionnement habituelle avec un jeu de piles neuves de ce type ;
- 12) Si le circuit du détecteur dispose d'une pile de secours, durée de vie prévue de la pile lorsque le détecteur est utilisé normalement ou stocké ;
- 13) Indications concernant la possibilité d'échanger certaines pièces ou modules entre détecteurs lors de l'entretien sur le terrain (voir 10.3) ;
- 14) Conformité aux tests d'immunité à l'environnement, tels que prévus aux points 7.3, 7.4 et 7.5. Conformité à d'autres normes, par exemple en matière d'immunité aux hautes températures, aux basses températures, aux chocs de température, aux rayonnements solaires, aux basses pressions - en cours de fonctionnement ou lors du stockage/transport (détails à fournir).

Normes de test possibles : série CEI 60721, série CEI 60068-2.

- 15) Conformité aux tests d'immunité aux interférences électromagnétique conformément au point 7.7, ou conformément à d'autres normes relatives à la CEM (détails des tests à fournir).

Normes de test possibles :

ENV 50204:1995, Compatibilité électromagnétique (CEM) – Essai d'immunité aux émissions RF des radios téléphones numériques

EN 55022: 1994 + A1: 1995 + A2: 1997, Matériel destiné au traitement de l'information –

AACEN 14747:2003 (F)

Caractéristiques des perturbations radioélectriques - Limites et méthodes de mesure (classe B)

EN 55011: 1998, Limites et méthodes de mesure des caractéristiques des perturbations radioélectriques des appareils industriels, scientifiques ou médicaux (ISM)

CEI 61000-4-2 (voir section 2)

CEI 61000-4-3 (voir section 2)

CEI 61000-4-8 (voir section 2)

CEI 61000-6-2: 1999, Compatibilité électromagnétique (CEM), Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels

CEI 61000-6-4: 2001, Compatibilité électromagnétique (CEM), Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels ;

- 16) Toute indication sur la distance de travail sécuritaire permettant d'éviter les interférences mutuelles entre détecteurs du même type ou de types différents ;
- 17) Conformité aux tests de robustesse et de durabilité, conformément au point 10.1 ou à d'autres normes (résistance aux chocs, aux secousses, aux vibrations) - en cours de fonctionnement ou lors du stockage/transport (détails des tests à fournir).

Normes de test possibles : série CEI 60068-2 ;

- 18) Conformité à d'autres normes relatives au test d'équipements dans des conditions non prévues dans le présent accord (détails du test à fournir).

Normes possibles :

CEI 60529: 1976, Spécification pour la classification des degrés de protection procurés par les enveloppes (IP 66, IP 67 protection contre l'eau et la poussière)

D.2 Mesure de la hauteur de détection par rapport à la vitesse de balayage

Détails de l'équipement :			
Modèle et numéro de série du détecteur :	Réglage du détecteur :	Vitesse de balayage auto/manuel :	Date :
Heure de la mise sous tension :	Cible :	Opérateur :	Température (°C) :
Heure de la journée	Vitesse de balayage (m/s)	Hauteur de détection maximale (mm)	Commentaires
	(0)		
	0,1		
	0,2		
	0,3		
	0,4		
	0,5		
	0,6		
	0,7		
	0,8		
	0,9		
	1,0		

D.7 Précision de la localisation de la cible

Détails de l'équipement :			
Description du sol (<i>le cas échéant</i>) :			
Modèle et numéro de série du détecteur :	Réglage du détecteur :	Date :	Température (°C) :
Heure de la mise sous tension :			

Heure	Point N°	Position X	Position Y	Hauteur de la tête de détection au-dessus de la cible	Opérateur	Erreur de localisation (mm)	Erreur moyenne (mm)
	1			10mm			
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11			50mm			
	12						
	13						
	14						
	15						
	16						
	17						
	18						
	19						
	20						

Bibliographie

- [1] « International Pilot Project for Technology Co-operation Final Report: A multi-national technical evaluation of performance of commercial off the shelf metal detectors in the context of humanitarian demining » Ed. Y. Das (CAN), J.T. Dean (EC), D. Lewis (UK), J.H.J. Roosenboom (NL), G. Zahaczewsky (US), EUR 19719 EN - 9 juillet 2001 <http://demining.jrc.it/ipptc/>
- [2] « Target Standardization for Countermine and Demining Testing », FR/GE/UK/US International Test Operations Procedure (ITOP) « document officieux » 4-2-521 AD No. B252119, 20 décembre 1999.
- [3] « Mine Detection Equipment for Countermine and Demining (Hand-Held or Vehicle Mounted) » FR/GE/UK/US International Test Operations Procedure (ITOP) « document officieux » 4-2-523 AD No.251795, 20 décembre 1999.
- [4] « General Test Requirements for Demining Testing », FR/GE/UK/US International Test Operations Procedure (ITOP) « document officieux » 4-2-520, 23 décembre 1999.
- [5] « MIMEVA: Study of Generic Mine-like Objects for R&D in Systems for Humanitarian Demining » Rapport final du projet AA 501852 CE DG INFSO, Centre commun de recherche de la Commission européenne (CCR), juillet 2001.
http://humanitarian-security.jrc.it/demining/final_reports/mimeva/report.htm
- [6] Mine Action Programme for Afghanistan: Mine Detector Trial Report, Sept./Oct. 1999, Fév./Mar. 2000.
- [7] « International Detector Test UNADP, Final Report », Dieter Gülle, UNADP Mozambique, Décembre 2000.
- [8] « Performance Specification: Detector, Mine, Metallic, Portable » MIL-PRF-23359H, 19 novembre 1997.
- [9] « Hand-Held Metal Detectors for use in Concealed Weapon and Contraband Detection », National Institute of Justice, Norme 0602.01, septembre 2000.
- [10] « Exigences à satisfaire en matière de dépollution », NILAM 09.10 1^{ère} édition, 1^{er} octobre 2001, SLAM, New York.
- [11] « Simulant Mines (SIMs) » F. B. Paca, C. D. Hoover et R. M. Ess, Scientific and Technical Report, Mines, Countermine and Demolitions (Countermine Division) Fort Belvoir, Virginia, USA. 20 octobre 1998.
<http://www.uxocoe.brtrc.com/techlibrary/techrpts/misc1.asp>.
- [12] Y. Das, J. E. McFee et G. Cross, « Soil Properties Database for Humanitarian Demining: A Proposed Initiative », 17e Congrès mondial des Sciences de la terre, 14-21 août 2002, Bangkok, Thaïlande.
http://www.ccmr.gc.ca/TechReports/ReportsPDF/Bangkok_wsc.pdf
- [13] T. Bloodworth, « Quantifying Metal-Detector Sensitivity with Metal Spheres », Note technique I.02.65 Centre commun de recherche de la Commission européenne (CCR), juillet 2002.
- [14] Electromagnetic Compatibility (EMC) Standardization for Product Committees, Guide CENELEC No. 24, CENELEC, Bruxelles, juillet 2001.