



Institut Supérieur d'Informatique de
Modélisation et de leurs Applications

24, Avenue des Landais
BP 10 125
63 173 Aubière cedex

INRA
Unité de Nutrition Humaine
Equipe CHLEO
58, rue Montalembert
BP 321
63 009 Clermont-Ferrand cedex

Rapport d'ingénieur
Projet de 3^{ème} année - Filière F3
Informatique des systèmes d'information et d'aide à la décision

**Développement du logiciel Finder2E pour tester des
modèles de prédiction de la dépense énergétique
et
Elaboration du cahier des charges du service Web
« ActivCollector »**

Présenté par :
Naïma Kamèche et Geoffrey Roux

Responsable INRA : **Sylvie Rousset**
Responsable ISIMA : **Philippe Lacomme**

17 mars 2011



Institut Supérieur d'Informatique de
Modélisation et de leurs Applications

24, Avenue des Landais
BP 10 125
63 173 Aubière cedex

INRA
Unité de Nutrition Humaine
Equipe CHLEO
58, rue Montalembert
BP 321
63 009 Clermont-Ferrand cedex

Rapport d'ingénieur
Projet de 3^{ème} année - Filière F3
Informatique des systèmes d'information et d'aide à la décision

**Développement du logiciel Finder2E pour tester des
modèles de prédiction de la dépense énergétique
et
Elaboration du cahier des charges du service Web
« ActivCollector »**

Présenté par :
Naïma Kamèche et Geoffrey Roux

Responsable INRA : **Sylvie Rousset**
Responsable ISIMA : **Philippe Lacomme**

17 mars 2011

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier notre tutrice, Sylvie Rousset, ingénieur de recherche de l'équipe Contrôle de l'Homéostasie Lipido-Energétique et Obésité (CHLEO) de l'INRA-UNH, pour la pédagogie et la patience dont elle a fait preuve durant le projet. Elle nous a beaucoup appris sur le fonctionnement du logiciel et le cadre dans lequel il est utilisé.

Nous voulons également adresser nos remerciements à Philippe Lacomme, chercheur au LIMOS et enseignant à l'ISIMA, pour son implication. Il a su nous accompagner et nous encadrer tout au long du projet.

RÉSUMÉ

L'équipe Contrôle de l'Homéostasie Lipido-Energétique et Obésité (CHLEO) de l'Unité de Nutrition Humaine (UNH), dont Madame Rousset fait partie, étudie notamment la dépense énergétique. La construction d'un modèle de **prédiction de la dépense énergétique** nécessite la participation de nombreux volontaires et l'acquisition de nombreux fichiers de données. Les fichiers Excel, issus des capteurs, portés par les volontaires, représentent un échantillon volumineux de données à traiter manuellement par les chercheurs du laboratoire. Cette étape est chronophage. Le **logiciel Finder2E** (Finder of Energy Expenditure) a, ainsi, été conçu dans le but d'effectuer tous ces traitements de façon automatisée et de tester des fonctions de prédiction de la dépense énergétique.

Une première version du logiciel a été développée en Java sous NetBeans par des étudiants de l'ISIMA et de l'Université d'Auvergne en 2009-2010. Bien que fonctionnel, le logiciel nécessitait encore quelques améliorations. Nous avons ainsi effectué une phase de reconception (**reengineering**) du logiciel dans le but de l'améliorer. Nous avons également ajouté quelques fonctionnalités. De plus, nous avons rédigé toute la **documentation** attachée à Finder2E, à savoir une description fonctionnelle du logiciel, un manuel utilisateur et un document recensant les licences utilisées par Finder2E.

Notre projet visait également à établir le **cahier des charges** d'un **service Web**. En effet, l'étude telle qu'elle est faite aujourd'hui, nécessite que les volontaires se déplacent jusqu'au laboratoire pour rendre leurs résultats ou bien qu'ils les envoient par courrier. Cette procédure, coûteuse en temps et en argent, peut dissuader certaines personnes de vouloir participer à l'étude. Par ailleurs, le suivi des volontaires par les chercheurs est difficile à distance. Les échanges d'information concernant les volontaires sont aussi difficiles à partager entre les chercheurs. Enfin, certaines tâches longues à effectuer pour le chercheur pourraient être automatisées. L'équipe CHLEO a ainsi pour objectif de mettre en place un service Web facilitant la communication entre les volontaires et les chercheurs. Ce service Web permettra également d'étendre la participation des volontaires à toute la France.

Notre projet sera poursuivi par un stagiaire de l'ISIMA entre avril et septembre 2011. Son travail consistera tout d'abord à finir la phase d'amélioration de Finder2E car il restera à la fin de notre projet encore quelques corrections à apporter. Ensuite, il devra choisir les technologies à utiliser pour le développement du service Web. Enfin, il commencera le développement de ce service Web.

Mots clés :

prédiction de la dépense énergétique, logiciel Finder2E, reengineering, documentation, cahier des charges, service Web

ABSTRACT

The Control of Lipido-Energetic Homeostasis and Obesity (CHLEO) team of the Human Nutrition Unit (UNH-INRA), whose Mrs Rousset forms part, studies in particular the energy expenditure. The construction of an **energy expenditure prediction** model requires the participation of many volunteers and the acquisition of many data files. The Excel files, from the sensors, carried by the volunteers, represent a large sample of data to be treated manually by the researchers of the laboratory. This stage is time consuming. Thus, **Finder2E** (Finder of Energy Expenditure) **software** was conceived to carry out all these treatments automatically and to test prediction functions of energy expenditure.

A first version of the software was developed in Java with NetBeans by two students of ISIMA and one of the University of Auvergne in 2009-2010. Although it was functional, the software still required some improvements. Consequently, we carried out a phase of **reengineering**. We also added some features. Moreover, we wrote all the **documentation** attached to Finder2E, namely a functional description of the software, a user guide and a document which identifies the licenses used by Finder2E.

Our project also aimed at establishing the **specifications** of a **Web service**. Indeed, today, volunteers need to come to the laboratory to give their results back. They can also post their results. This procedure, which is a waste of time and money for people, may deter some of them from participating to the study. In addition, the follow-up of the volunteers by the researchers is difficult. Exchanges and the sharing of information about volunteers between researchers are also difficult. Lastly, many tasks performed by the searchers need to be automated. Thus, the CHLEO team aims at setting up a Web service which makes easier the communication between the volunteers and the researchers and also between the researchers. This Web service will also allow the CRNH to extend its offer of participating to the study as a volunteer, to the all France.

Our project will be continued by a student from ISIMA between April and September 2011. At first, his work will consist in finishing the phase of improvement of Finder2E because, at the end of our project, it will still remain some corrections to bring. Then, he will have to choose technologies to be used for the development of the Web service. Lastly, it will begin the development of this Web service.

Key words:

energy expenditure prediction, Finder2E software, reengineering, documentation, specifications, Web service

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS

RÉSUMÉ

ABSTRACT

GLOSSAIRE

INTRODUCTION.....	10
I. Contexte du projet	11
1. Présentation du laboratoire de recherche.....	11
a. CRNH d’Auvergne	11
b. INRA-Unité de Nutrition Humaine	11
c. Equipe CHLEO.....	11
2. Présentation de l’étude.....	12
a. Enjeux de l’étude	12
b. Description de l’étude	12
i. Principe.....	12
ii. Volontaires	13
iii. Capteurs.....	13
iv. Traitements des données	14
v. Fonction de prédiction.....	15
c. Nécessité d’automatiser les calculs.....	15
3. Présentation de Finder2E.....	16
a. Principe de fonctionnement de Finder2E.....	16
i. Données d’entrée.....	16
ii. Fonctionnalités	16
iii. Données de sortie	17
b. Organisation de Finder2E	17
i. Projet	18
ii. Famille.....	20
iii. Fonction de prédiction.....	21
c. Développement de Finder2E.....	23
i. Langage utilisé	23
ii. Outil utilisé.....	23
iii. Travail réalisé.....	23
II. Développement de Finder2E.....	24
1. Documentation de Finder2E.....	24
a. Manuel utilisateur	24
i. Intérêt	24
ii. Contenu	24
b. Description fonctionnelle.....	24
i. Intérêt	24
ii. Méthode SADT (ou IDEF0).....	25
1. Définition.....	25
2. Application	25
c. Licences	26
2. Améliorations de l'existant	26
a. Introduction.....	26
b. Critères de priorités des corrections.....	27

c.	Approfondissement des corrections par type.....	28
i.	Texte.....	28
ii.	Cosmétique.....	28
iii.	Bogues.....	28
1.	Bogue mineur.....	28
2.	Bogue majeur.....	29
3.	Ajout de fonctionnalités.....	29
a.	Description.....	29
b.	Exemples.....	29
i.	Les graphiques.....	29
1.	Insertion d'info-bulles.....	30
2.	Insertion de titres.....	30
3.	Insertion de nouveaux paramètres en abscisse et en ordonnée.....	30
4.	Possibilité de visualiser l'évolution des paramètres en fonction du temps.....	30
5.	Adaptation des échelles en fonction des paramètres.....	32
6.	Exportation de graphique et sauvegarde des données info-bulles.....	32
ii.	Modification des fichiers.....	32
1.	Durée de l'intensité des activités comprises dans un intervalle de METs.....	32
2.	Ajout de l'aire sous la courbe.....	33
3.	Sauvegarde d'informations dans des fichiers texte.....	33
iii.	Ergonomie.....	34
1.	Look and feel.....	34
2.	Agencement.....	36
3.	Raccourci clavier.....	36
4.	Ajout d'icône.....	36
5.	Info-bulles.....	37
4.	Bilan.....	37
III.	Elaboration du cahier des charges du service Web.....	38
1.	Définition des besoins.....	38
a.	Déroulement du projet.....	38
i.	La pré-étude.....	38
ii.	L'étude.....	39
b.	Intérêt du service Web.....	40
c.	Description des besoins.....	40
i.	Partie « Administration ».....	40
ii.	Partie « Volontaires ».....	40
iii.	Partie « Prétraitement des questionnaires et calculs Statistiques ».....	41
iv.	Partie « Suivi de projet ».....	41
2.	Analyse des besoins.....	41
a.	Le projet.....	41
b.	Les acteurs et leurs rôles.....	42
i.	Administrateur.....	42
ii.	Chef de projet.....	43
iii.	Chercheur.....	44
iv.	Volontaire inclus.....	45
c.	Les échanges.....	45
i.	Fichiers issus des capteurs.....	46
ii.	Questionnaires.....	46
iii.	Traitements statistiques des données.....	46
iv.	Comptes-rendus et autres.....	46
v.	Rappel.....	47

3. Modélisation du service Web	47
a. Administration	47
b. Finder2E.....	48
c. Questionnaires.....	49
d. Fichiers résultats	51
e. Planning	51
CONCLUSION	53
TABLE DES FIGURES	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
WEBOGRAPHIE	
Annexe A : Statistiques autour de la correction des bogues et ajout de fonctionnalités	
Annexe B : Planning d'activités du projet et répartition du temps de travail par partie	
Annexe C : Modèle Entité-Association d'ActivCollector	

GLOSSAIRE

- **Accélérométrie :**

Il s'agit de l'accélération mesurée sur une personne.

- **CCR (Coût cardiaque relatif) :**

Il est le résultat du rapport entre l'augmentation absolue de la fréquence cardiaque (FC-FCmin) et la réserve cardiaque (FCmaxthéorique-FCmin). Le CCR reflète l'effort fourni lors d'une activité par rapport à l'effort maximum.

- **Dépense énergétique :**

Elle représente la quantité d'énergie brûlée pendant une période donnée. Elle dépend notamment de l'activité, de l'augmentation de la fréquence cardiaque, de la température corporelle et de la quantité d'oxygène consommé et du gaz carbonique produit. Le but de Finder2E est d'ailleurs d'aider à trouver une formule permettant de la calculer selon des paramètres précis.

- **Description fonctionnelle :**

Elle est utilisée pour déterminer les fonctions principales et secondaires du produit (ici, un logiciel). Il est important de faire ce recensement afin d'effectuer un dimensionnement correct des caractéristiques du produit.

Lors de la description fonctionnelle, chaque fonction doit être recensée, hiérarchisée, avoir des flux d'entrée, des flux de sortie qui se résument en étant le flux d'entrée avec une valeur ajoutée.

- **Info-bulle (tooltip) :**

Description succincte d'un élément (bouton de l'interface graphique ou d'un point sur un graphique), qui apparaît quelques secondes sur l'écran lorsque le curseur pointe sur l'élément.

- **Look and feel :**

En français, ce terme fait référence à l'aspect et à la convivialité d'une interface graphique.

- **Modèle entité-association :**

Représentation sous forme de diagrammes symbolisant les acteurs (entités) d'un système et leurs interactions. Cette méthode est employée pour concevoir les bases de données.

- **Parsage XML :**

Action qui consiste à produire un document XML à partir de données.

- **Service Web :**

Un service Web est un ensemble de fonctionnalités, utilisables via des applications, exposées sur internet ou sur un intranet, fonctionnant en temps réel et minimisant les interventions humaines.

INTRODUCTION

Dans le cadre de notre troisième année à l'ISIMA, nous avons réalisé un projet sur une période de six mois, portant sur un logiciel de test de fonctions de prédiction de la dépense énergétique. Ce projet a été encadré par Mme Rousset de l'équipe Contrôle de l'Homéostasie Lipido-Energétique et Obésité de l'INRA-UNH et par M. Lacomme, chercheur au LIMOS et responsable de la filière de l'informatique des systèmes d'information et d'aide à la décision à l'ISIMA. Le projet se divise en deux grandes parties : la reprise du développement d'un logiciel existant et la modélisation d'un service Web.

Mme Rousset a pour objectif de déterminer une fonction qui prédit la dépense énergétique. Cette étude demande le traitement de nombreux fichiers Excel, extraits de capteurs portés par des volontaires. Cela demande un temps de calcul important qui ralentit considérablement son travail. Le logiciel Finder2E (Finder of Energy Expenditure) a, ainsi, été conçu dans le but d'effectuer tous ces traitements et de tester des fonctions de prédiction de la dépense énergétique.

Des étudiants de l'ISIMA et de l'université d'Auvergne ont commencé le développement de Finder2E en Java sous NetBeans. Cependant, par manque de temps, toutes les fonctionnalités dont Mme Rousset avait besoin pour analyser ces fichiers n'ont pas pu être développées et aucune documentation n'a été rédigée. Notre premier objectif a donc été de reprendre leur travail de manière à améliorer le logiciel et à lui ajouter quelques fonctionnalités. Il s'agissait également de rédiger toute la documentation attachée à Finder2E.

Par ailleurs, lors d'une étude en général, les volontaires doivent rester en contact avec les chercheurs. Ils doivent, par exemple, remplir et envoyer des questionnaires qui seront traités par les chercheurs. Ils doivent également envoyer les fichiers issus des capteurs qui seront traités par Finder2E. A l'heure actuelle, ces échanges se font par courrier ou en main propre. Cela restreint la zone géographique de participation des volontaires. Le dépouillement et l'analyse statistique des questionnaires sont actuellement réalisés manuellement par les chercheurs. Les chercheurs ont également la charge de rappeler aux volontaires leurs rendez-vous.

Faciliter la communication entre les chercheurs et les volontaires, automatiser certaines tâches et élargir la zone géographique de participation des volontaires représentent notre second objectif. Nous avons réfléchi à l'élaboration du cahier des charges d'un service Web mettant en relation les volontaires et les chercheurs.

Dans la première partie du rapport, nous avons décrit le contexte dans lequel s'est effectué notre projet. Dans la deuxième partie, nous avons expliqué, les étapes qui ont été nécessaires à l'amélioration de Finder2E. Enfin, dans la dernière partie, la démarche suivie pour l'élaboration du service Web a été développée.

I. Contexte du projet

1. Présentation du laboratoire de recherche

a. CRNH d'Auvergne

Le CRNH (Centre de Recherche en Nutrition Humaine) d'Auvergne a été créé en 1992 sous la tutelle du Ministère de la Recherche. Il rassemble dans un Groupement d'Intérêt Public (GIP), dix-huit unités de recherche, soit 85 chercheurs, appartenant aux six organismes suivants :

- l'INRA
- l'Université d'Auvergne
- le Centre Hospitalier Universitaire de Clermont-Ferrand
- le Centre Régional de Lutte contre le Cancer (Centre Jean Perrin)
- l'Université Blaise Pascal
- l'INSERM

Son objectif général est la mise au point d'une prévention nutritionnelle visant à réduire l'incidence et/ou la sévérité des pathologies liées au vieillissement. Les recherches du CRNH devraient ainsi améliorer la qualité de vie des personnes âgées.

b. INRA-Unité de Nutrition Humaine

L'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) a été fondé en 1946 et est aujourd'hui le premier institut de recherche agronomique en Europe et le deuxième dans le monde. Cet organisme de recherche scientifique publique est placé sous la double tutelle du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche et du Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche.

Ses recherches s'organisent autour de l'alimentation, de l'agriculture et de l'environnement avec des enjeux sociaux tels que l'ambition de développer une agriculture compétitive, respectueuse de l'environnement, des territoires et des ressources naturelles, et mieux adaptée aux besoins nutritionnel de l'Homme.

Le secteur de recherche en nutrition humaine de l'INRA de Clermont-Ferrand est porté par l'Unité de Nutrition Humaine (UNH) qui est notamment affilié au CRNH d'Auvergne. Les recherches sur modèle humain sont essentiellement effectuées par deux équipes de l'UNH : l'équipe Nutrition, Métabolisme et Fonte Musculaire qui vise à favoriser le maintien de l'intégrité fonctionnelle du muscle par l'étude de la régulation nutritionnelle du renouvellement des protéines musculaires et l'équipe Contrôle de l'Homéostasie Lipido-Energétique et Obésité (CHLEO) dont Sylvie Rousset, notre tutrice, fait partie.

c. Equipe CHLEO

L'équipe Contrôle de l'Homéostasie Lipido-Energétique et Obésité se focalise sur la nutrition lipidique et le métabolisme lipidique et énergétique. Les recherches de cette équipe visent plus particulièrement à établir des relations entre les apports en acides gras et la prévention de maladies associées au vieillissement. Cette équipe a également pour objectif de préciser les mécanismes physiologiques qui associent le surpoids et l'obésité à l'apparition de perturbation du métabolisme énergétique dans le muscle squelettique.

Une bonne prise en charge nutritionnelle de l'individu vieillissant mais également du sportif, du sujet en surcharge ou en déficit pondéral, nécessite de prendre en compte la dépense énergétique qui est étroitement dépendante du niveau d'activité physique. De même, l'évaluation exacte de ces deux paramètres est indispensable dans les études épidémiologiques prospectives et dans le cadre de programmes de recherche en physiologie, en nutrition ou encore pour étudier le comportement lié à l'activité physique.

2. Présentation de l'étude

a. Enjeux de l'étude

D'ici à 2025, environ 44% des Européens auront plus de soixante ans. Le vieillissement se caractérise par une perte de masse musculaire. Les conséquences sont une perte progressive de l'autonomie et une augmentation du handicap. Ainsi, le désordre métabolique associé au vieillissement et à l'obésité constitue une situation inquiétante pour la santé actuelle et future des populations.

Le but du travail développé par les chercheurs de l'INRA-UNH est de mettre au point des équations standardisées et prédictives de la dépense énergétique à partir de l'enregistrement de la fréquence cardiaque ainsi que d'autres paramètres physiologiques. L'intérêt majeur de cette nouvelle approche est de faire disparaître la nécessité d'un étalonnage individuel de la relation fréquence cardiaque/dépense énergétique en introduisant une modélisation n'utilisant que des paramètres facilement accessibles pour chaque individu. Cette connaissance plus fine de la dépense énergétique renseigne sur les besoins énergétiques, ce qui devrait permettre de mieux contrôler le poids avec, à terme, une spécification plus efficace des choix alimentaires et/ou des caractéristiques souhaitables des aliments.

La construction d'un nouveau modèle de prédiction de la dépense énergétique pourrait ainsi améliorer la définition des apports nutritionnels conseillés et ainsi contribuer à améliorer les conditions de vie de nombreuses personnes.

b. Description de l'étude

i. Principe

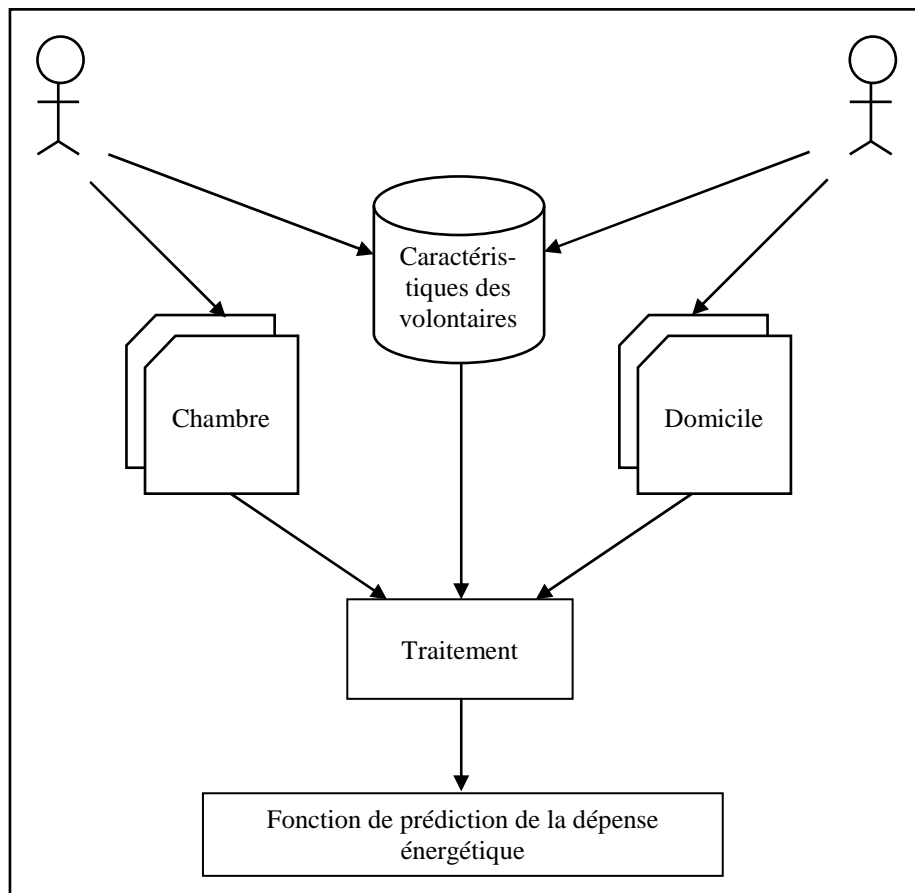


Figure 1 : Principe de l'étude

L'étude Modelheart menée par l'équipe CHLEO en 2009 a nécessité de définir une population représentative de volontaires qui s'est soumise à un protocole expérimental. Les volontaires ont été répartis en deux groupes de soixante personnes de caractéristiques biologiques similaires. Le premier groupe, placé en chambre calorimétrique pendant 26h, a permis de déterminer les équations prédictives de la dépense énergétique. Le deuxième groupe, placé en conditions habituelles de vie pendant dix jours, a permis de valider ces équations.

En effet, comme le montre la figure 1, les fichiers de données extraits des capteurs portés par ces volontaires ont été traités et ont constitué des paramètres candidats pour la fonction de prédiction de la dépense énergétique. La pertinence de cette fonction a été alors évaluée grâce au calcul de l'erreur entre la mesure de référence et l'estimation faite par la formule.

ii. Volontaires

Chaque volontaire participant à cette étude a été caractérisé à l'aide de ses données biologiques. Ces données regroupent les données propres du volontaire telles que son âge, son sexe, sa taille, son poids, ses masses maigres et grasses, son indice sportif, sa capacité respiratoire maximale, etc. Toutes ces données ont été stockées dans un fichier Excel nommé dans ce rapport '*fichier volontaires*'.

Pendant toute la durée du protocole, les volontaires ont réalisé des activités qui débutent à une heure précise, qui ont une durée définie, et qui peuvent être différentes pour chacun d'eux. Ces fichiers individuels sont également enregistrés dans des fichiers Excel et regroupés dans le dossier '*Planning d'activité*'.

Chaque volontaire a porté, pendant ces activités, des capteurs relevant toutes les minutes des mesures de paramètres physiologiques qui ont été, par la suite, traitées et analysées pour établir une fonction prédisant la dépense énergétique.

iii. Capteurs

Les capteurs ActiHeart et ArmBand ont été portés par les volontaires en chambre calorimétrique et en conditions normales de vie.

Le capteur ActiHeart est collé sur le thorax du volontaire comme le montre la figure ci-contre. Ce capteur est conçu pour acquérir des données pendant plusieurs jours. Il est résistant à l'eau et est compatible avec les activités quotidiennes.

Ainsi, il mesure toutes les minutes la fréquence cardiaque, l'accélérométrie longitudinale (ACC) et estime la dépense énergétique (DE) liée à l'activité du volontaire. Les données collectées par ce capteur sont stockées dans un fichier Excel que nous appellerons par la suite '*fichier ActiHeart*'.

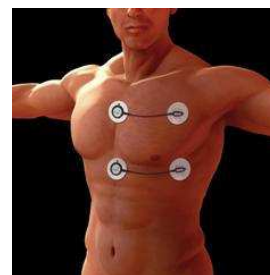


Figure 2 : Capteur ActiHeart



Figure 3 : Capteur ArmBand

Le capteur ArmBand se présente sous forme de brassard comme le montre la figure ci-contre. Il est porté en haut sur l'arrière du bras droit des volontaires (au niveau du triceps).

Il acquiert toutes les minutes des mesures de la température de la peau, d'accélérométrie (transversale et longitudinale), de position (couché ou non), d'état (endormi ou non), du nombre de pas, du flux de chaleur dissipé au niveau de la peau et de la sudation.

Il estime également la dépense énergétique totale et le ratio entre la dépense énergétique liée à l'activité et le Métabolisme de repos (METs). Tout comme pour le capteur ActiHeart, le capteur ArmBand enregistre des données dans un fichier Excel nommé '*fichier ArmBand*'.

Pour les volontaires ayant séjourné en chambre calorimétrique, un autre fichier est généré par les capteurs de la chambre. Il regroupe les mesures de consommation en O₂ et de production de CO₂. Ce type de fichier Excel, permettant de calculer précisément la dépense énergétique selon le principe de la calorimétrie indirecte, correspond par la suite aux '*fichiers chambre calorimétrique*'. Cette mesure constitue une référence de la dépense énergétique.

Les volontaires effectuant l'expérience en chambre calorimétrique portent également un électrocardiogramme (ECG). C'est un ensemble de trois électrodes qui renseignent sur la fréquence cardiaque (FC) du volontaire. Ce capteur est couplé à une alarme permettant de détecter un éventuel malaise (FC<35). Les données générées par ce capteur se trouvent également dans le '*fichier chambre calorimétrique*'.

iv. Traitements des données

Les résultats des fichiers issus des capteurs ne commencent pas toujours à la même heure. En effet, l'enregistrement a parfois débuté avant que la personne ne porte le capteur ou avant que l'expérience ne commence réellement. Cela est contraignant lorsqu'il est nécessaire de comparer des données. C'est pourquoi les chercheurs ont eu besoin de standardiser ces fichiers, c'est à dire d'uniformiser les heures de début et de fin d'expérience.

Parmi les données collectées par le capteur ActiHeart, certaines valeurs telles que la fréquence cardiaque sont manquantes ou aberrantes. En effet, le capteur peut se décoller ou «bouger», ou être enlevé par les volontaires. Ainsi, les données récoltées contiennent des erreurs ou des manques. Un premier traitement a consisté à remplacer les valeurs manquantes soit par une valeur issue d'une interpolation linéaire, d'une régression linéaire ou encore en choisissant une valeur de référence de la fréquence cardiaque (sommeil ou repos).

Par ailleurs la valeur de la fréquence cardiaque estimée par ActiHeart peut être aberrante : par exemple 240 battements par minute (BPM). Or, cela est impossible physiologiquement. Pour faire disparaître ces valeurs aberrantes ponctuelles, il s'est avéré nécessaire de lisser les données en appliquant le filtre de Savitsky-Golay dont le principe est fondé sur la méthode des moindres carrés.

Comme la fréquence cardiaque est très variable d'un volontaire à l'autre, le coût cardiaque relatif (CCR) a été calculé de la façon suivante :

$$CCR(t) = \frac{FC(t) - FC_{min}}{FC_{max} - FC_{min}}$$

Il a permis de standardiser la fréquence cardiaque.

Le capteur ArmBand présente également des données manquantes lorsque le volontaire l'enlève. Le capteur ArmBand ne propose pas de valeur de remplacement pendant cette période. Aussi les chercheurs de l'équipe CHLEO ont proposé un algorithme de remplacement (moyenne des 5 valeurs avant et après la plage manquante).

Il est également nécessaire pour les chercheurs de connaître l'accélérométrie globale - dont la formule est affichée ci-dessous - obtenue grâce aux accélérométries longitudinale et transversale, mesurées par le capteur ArmBand.

$$ACC_{globale} = \sqrt{ACC_{long}^2 + ACC_{trans}^2}$$

Dans les '*fichiers chambre calorimétrique*', des corrections ont été effectuées sur la concentration en O₂ et en CO₂ en fonction de la dérive liée aux capteurs. Ces paramètres étant sujets à des artefacts, ils ont été également lissés à l'aide du filtre de Savitsky-Golay.

Ensuite, les dérivées premières et secondes de l'accélérométrie, de la température corporelle, du flux de chaleur ou de la fréquence cardiaque ont été calculées pour être éventuellement introduites dans la fonction de prédiction.

Au-delà de l'importance de déterminer une fonction de prédiction de la dépense énergétique, les chercheurs ont actuellement et ultérieurement besoin d'effectuer des calculs statistiques sur les données récoltées par les capteurs au cours des différentes activités physiques. En effet, la connaissance de la moyenne, la médiane, l'écart-type, le minimum, le maximum, l'inverse, le carré, le cube ou encore le logarithme népérien des paramètres tels que le coût cardiaque relatif, l'accélérométrie, la dépense énergétique, la température corporelle, les METs, etc. sont indispensables pour caractériser les activités des volontaires.

v. Fonction de prédiction

Après le traitement des données acquises en chambre décrit ci-dessus, les chercheurs ont établi des équations. Puis, ces équations ont été appliquées aux données acquises auprès des volontaires en conditions habituelles de vie pour estimer leur dépense énergétique. Cette estimation a été comparée à la mesure de la dépense énergétique totale réalisée à l'aide de la technique de l'eau doublement marquée (méthode de référence en conditions habituelles de vie).

Ainsi, l'écart entre la dépense énergétique mesurée et estimée chez ces volontaires a été établi, ce qui a permis de déterminer le pourcentage d'erreur induit par les équations prédictives.

c. *Nécessité d'automatiser les calculs*

Les chercheurs ont réalisé cette étude sur 120 volontaires et ont mesuré de nombreux paramètres physiologiques pour chacun d'entre eux. Les données recueillies ont dû être travaillées avant d'être exploitées. La standardisation, le lissage des données, le calcul de dérivées, et les calculs statistiques pour les données d'un volontaire représentent des heures de travail pour les chercheurs.

Par exemple, le traitement de 15 paramètres physiologiques intégrant 12 calculs statistiques pour chacune des 25 activités représentent 4500 calculs par volontaire. En supposant que chacun de ces calculs prend une seconde, le chercheur passera une heure et quart à calculer uniquement les statistiques d'un volontaire. Le calcul des statistiques pour les 120 volontaires représente un mois de travail pour un chercheur, sans compter les phases de standardisation et de lissage des données qui prennent chacune des heures de travail pour un volontaire.

Cette étude a généré énormément de données à traiter ce qui rend le traitement manuel fastidieux. Pour cette raison, il a fallu développer un logiciel permettant d'effectuer toutes ces tâches rapidement et automatiquement.

Clara Spriet et Anthony Walter étudiants à l'ISIMA et Mickael Lasnes étudiant en Master 2 professionnel Informatique Décisionnelle et Logicielle à l'Université d'Auvergne ont développé une première version de ce logiciel, nommé Finder2E. Grâce à leur travail, Finder2E réalisait, au début de cette année, la plupart de ces tâches automatiquement, garantissant un résultat correct et en un temps qui se compte en minutes.

3. Présentation de Finder2E

a. Principe de fonctionnement de Finder2E

i. Données d'entrée

Le but de Finder2E est, d'une part, de gérer les données issues des capteurs, par activité et par volontaire, et d'autre part, de tester des fonctions de prédiction de la dépense énergétique pour en estimer la qualité (c'est-à-dire le pourcentage d'erreur). Cette fonction nécessite que l'utilisateur précise les paramètres qu'il souhaite intégrer. Ainsi, pour pouvoir fonctionner correctement et respecter ces objectifs, Finder2E doit avoir en entrée :

- les fichiers issus des capteurs : 'fichiers ActiHeart', 'fichiers ArmBand' et 'fichiers chambre calorimétrique' ;
- le 'fichier volontaires' ;
- les fichiers des plannings d'activité rassemblés dans le dossier 'planning d'activité' ;
- une fonction de prédiction saisie par l'utilisateur.

Ces fichiers sont indispensables pour pouvoir préparer les données et calculer de nouveaux paramètres, comme le coût cardiaque relatif, qui pourraient être intégrés à la fonction de prédiction.

ii. Fonctionnalités

Finder2E propose trois grands types de fonctionnalités : la préparation des données, le calcul de paramètres statistiques et le test de fonctions de prédiction.

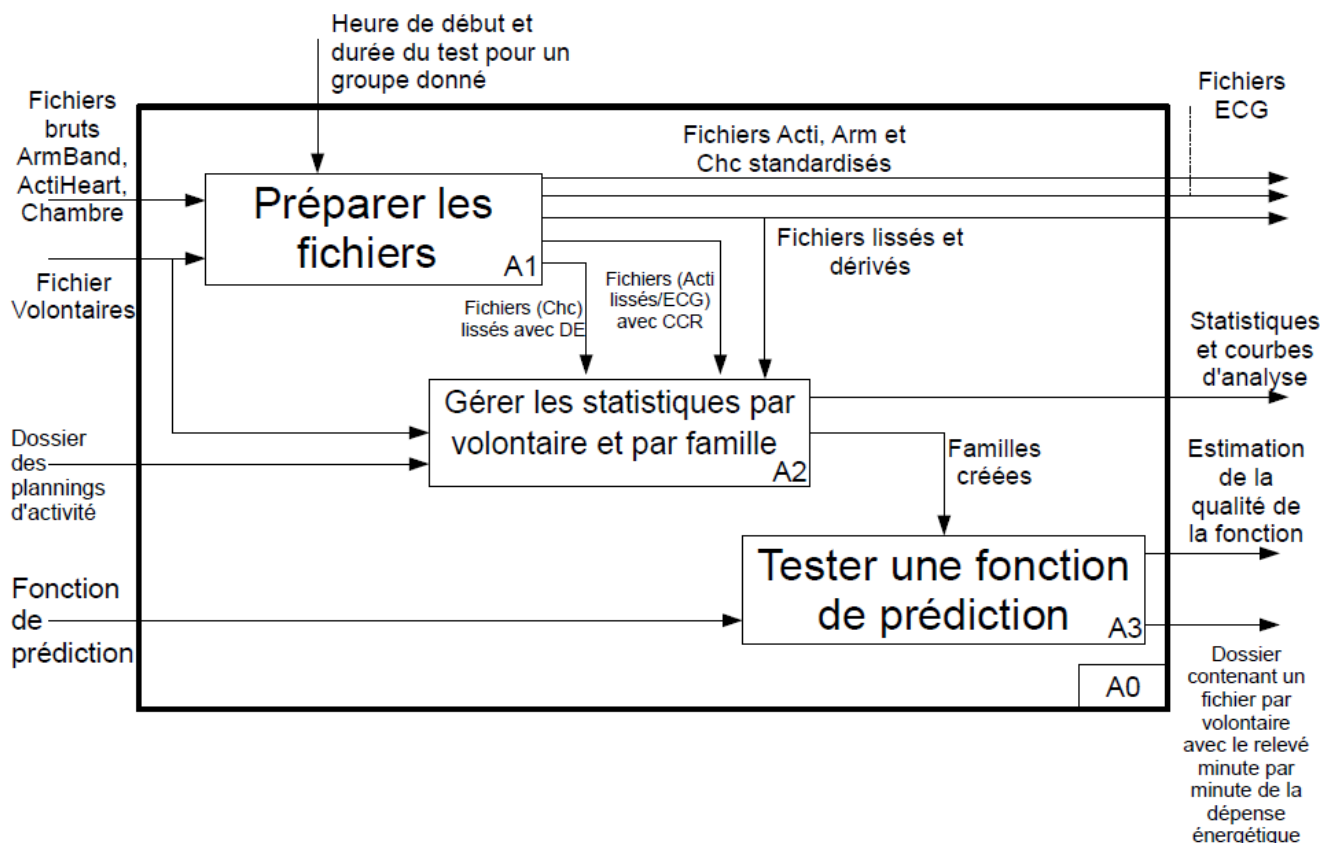


Figure 4 : Diagramme SADT A0 de Finder2E

La figure 4 est issue de la description fonctionnelle que nous avons faite de Finder2E [3].

Finder2E prépare et restaure les données issues des capteurs portés par les volontaires (ArmBand, ActiHeart) et présents dans les chambres calorimétriques. Cette préparation consiste à récupérer les données brutes des fichiers, à les standardiser (remplacer les valeurs manquantes, prendre les mesures à partir de la même heure...) puis à les lisser et les dériver.

Le logiciel permet également de calculer de nouveaux paramètres comme le coût cardiaque relatif (CCR), ses dérivées première et seconde, la dépense énergétique (DE), le quotient respiratoire (QR) et des paramètres statistiques élémentaires (moyenne, écart-type, médiane, minimum, maximum, ...) par activité et par volontaire.

Enfin, l'application permet à l'utilisateur de proposer et de tester des équations prédictives de la dépense énergétique quotidienne à partir du coût cardiaque relatif, ainsi que d'autres paramètres physiologiques (accélérométrie, température corporelle, nombre de pas ...).

iii. Données de sortie

Au fil de l'utilisation du logiciel, de nouveaux fichiers issus du traitement des données (standardisation, lissage, calculs du coût cardiaque relatif et de la dépense énergétique) sont créés et peuvent être exploités aisément par les chercheurs.

Le logiciel fournit ainsi de nombreuses données en sortie :

- les fichiers standardisés ;
- les données d'électrocardiogramme (ECG), qui faisaient partie initialement des fichiers chambres calorimétriques, sont affectées dans des fichiers propres en sortie ;
- des statistiques et des courbes d'analyse ;
- une estimation de la qualité de la fonction de prédiction saisie par l'utilisateur.

b. *Organisation de Finder2E*

Pour pouvoir gérer plus facilement les données et les structurer, les notions de projet et de famille ont été introduites. Ainsi, sur la page d'accueil du logiciel (voir figure 5) il est possible de créer ou d'ouvrir un projet, une famille ou de tester une fonction de prédiction.



Figure 5 : Page d'accueil de Finder2E

i. Projet

Un projet est défini par un nom et un nombre de groupes de volontaires qui le composent. Chaque groupe est caractérisé par un nom, une heure de début, une durée (comptée en jours ou en heures) et un ensemble d'expériences. Chaque expérience est caractérisée par un nom, une date et un groupe. Une expérience regroupe un ou plusieurs volontaires ayant suivi le même protocole expérimental (chambre calorimétrique, en conditions habituelles de vie ou dans une autre condition). La figure 6 représente les différents éléments d'un projet.

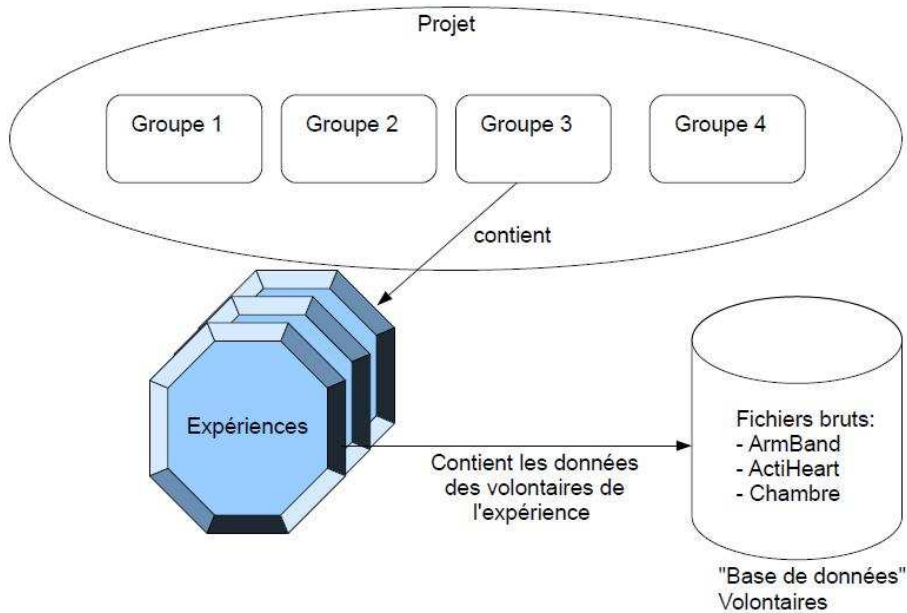


Figure 6 : Eléments d'un projet

Toutes les données récoltées dans les différents types de fichiers s'inscrivent dans un projet. Dans chaque projet, il est ainsi possible de standardiser, lisser et dériver les données d'entrées (voir figure 7).

Projet INRA ISIMA

Projet Aide

Création d'une Expérience 2/3

Sélectionnez un fichier ArmBand

ET (Optionnel)

Sélectionnez un fichier ActiHeart (ArmBand obligatoirement associé)

ET (Optionnel)

Sélectionnez un fichier chambre

Vider

Nombre de fichiers:

Temps de calcul (en s):

Standardiser

Lisser & Dériver

Précédent

Suivant

Figure 7 : Traitement des données dans Finder2E

La standardisation est un processus consistant à tronquer les fichiers, i.e. faire commencer les fichiers « à la même heure », avec une durée déterminée et identique pour tous les volontaires appartenant au même groupe. Ensuite vient l'étape de remplacement des valeurs manquantes. Puis, les moyennes de la fréquence cardiaque de sommeil et de repos sont calculées. Enfin, le nombre de valeurs manquantes restantes est compté et stocké à la fin du fichier.

Le lissage est fait à l'aide du filtre de Savitsky-Golay et permet d'écarter les valeurs aberrantes.

A l'issue de cette étape, le logiciel propose de calculer la dépense énergétique, le quotient respiratoire, le coût cardiaque relatif et ses dérivées premières et secondes, comme le montre la figure 8.

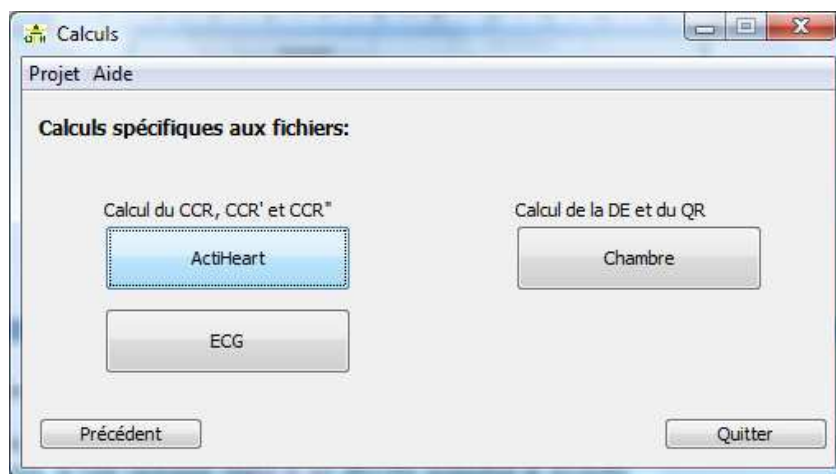


Figure 8 : Calculs faits par Finder2E

Les résultats obtenus par tous ces traitements sont enregistrés dans des fichiers Excel, regroupés dans des dossiers créés au fur et à mesure des traitements. A la fin de tous ces calculs et traitements, l'arborescence suivante s'est créée :

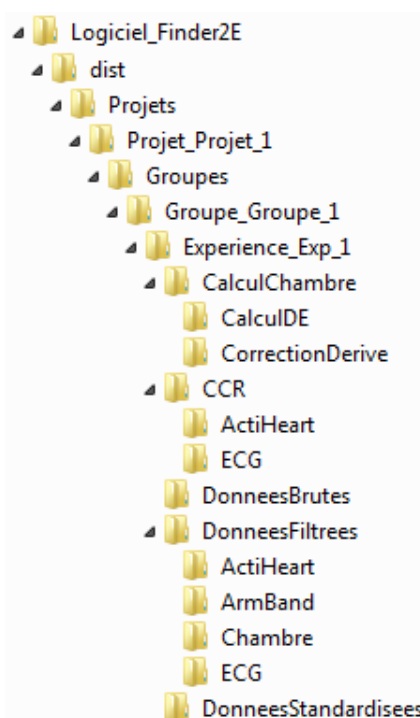


Figure 9 : Arborescence d'un projet

ii. Famille

Une famille est une sélection de volontaires ayant suivi le même protocole (en chambre calorimétrique ou dans une autre condition) et partageant les mêmes critères biologiques tels que l'âge, le sexe, l'indice de masse corporelle, le débit maximum d'O₂ consommé lors d'un effort, ou l'indice sportif. Comme le montre la figure 10, la première sélection de volontaires est faite sur certains projets et groupes, tandis que la seconde est réalisée sur des critères biologiques ou physiologiques.

Définition d'une famille

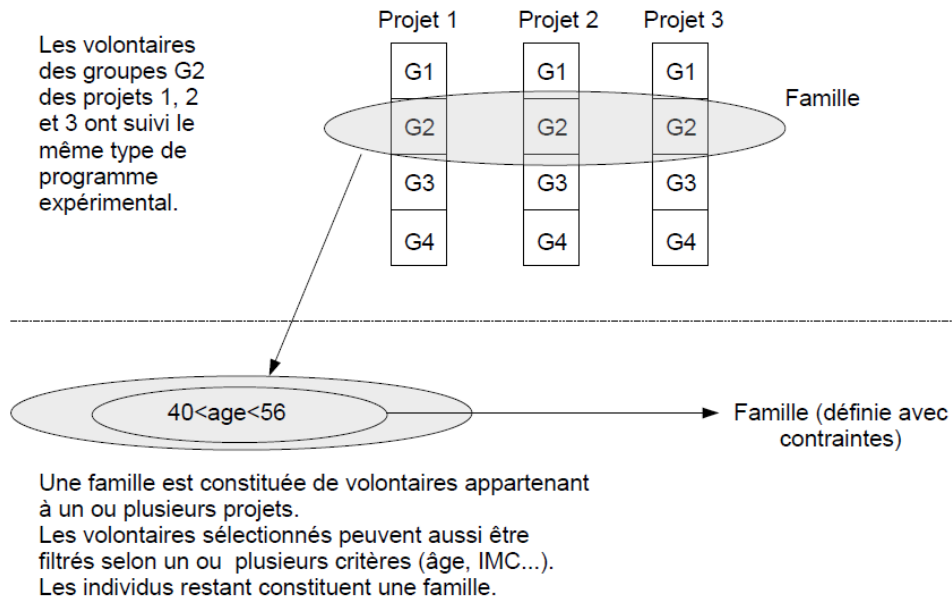


Figure 10 : Caractéristiques d'une famille

Finder2E permet de créer des familles selon ces critères de sélection (cf. figure 11).

Figure 11 : Création d'une famille dans Finder2E

La famille définit la population sur laquelle vont s’effectuer les traitements statistiques et pour laquelle la fonction de prédiction de la dépense énergétique sera testée.

Le tableau en haut et à droite de la figure 12 montre les moyennes de tous les paramètres pour chaque activité et pour chaque volontaire de la famille. Il est également possible d’éditer des graphiques en deux dimensions (voir cadran en bas à droite). Les variables en abscisse et en ordonnée sont choisies par l’utilisateur dans les menus déroulants situés à gauche. Les points représentent la moyenne de la variable en ordonnée en fonction de la moyenne de la variable en abscisse pour une activité donnée.

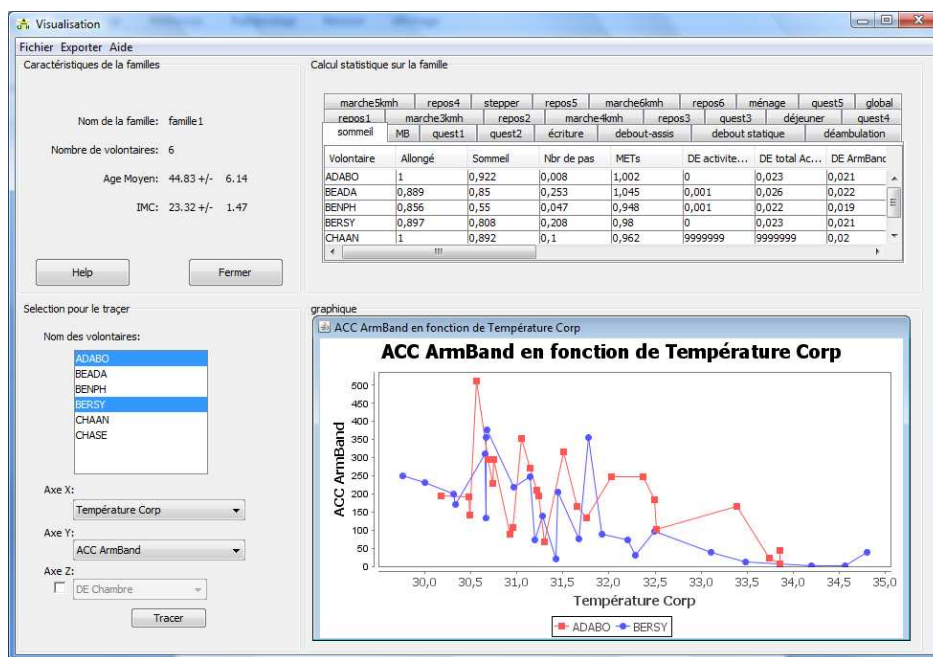


Figure 12 : Calculs statistiques pour une famille de Finder2E

iii. Fonction de prédiction

La fonction de prédiction de la dépense énergétique sera testée pour l’ensemble des volontaires appartenant à la famille choisie par l’utilisateur du logiciel.

Pour établir cette fonction, l’utilisateur doit choisir les paramètres et les coefficients associés, la puissance à laquelle ils sont élevés, s’ils s’expriment sous la forme d’une fonction logarithme et enfin les différents opérateurs de la fonction.

Le test d’une fonction de prédiction pour une famille génère un fichier Excel Prediction_<nom_Famille>.xls et un dossier CalculPredictionVolontaires dans le dossier famille correspondant.

Ce dossier contient un fichier Excel pour chaque individu de la famille testée. Ces fichiers présentent les valeurs de la dépense énergétique, minute par minute, estimées à partir de la fonction testée, de l’estimation des capteurs ActiHeart et ArmBand ainsi que ceux de la chambre calorimétrique (référence). Les écarts minute par minute sont calculés entre les estimations des deux capteurs, de la fonction de prédiction et la référence. Les erreurs (en pourcentage) calculées sur toute la durée de l’expérience sont exprimées comme le rapport entre les écarts et la valeur de référence.

Le fichier Excel Prediction_<nom_Famille>.xls comprend des valeurs de dépense énergétique estimées à partir des capteurs ActiHeart et ArmBand ainsi que de la fonction de prédiction, pour chaque activité et pour chaque volontaire. Les erreurs entre les estimations et la référence sont aussi calculées par activité et par volontaire.

La page de Finder2E permettant de saisir une fonction de prédiction de la dépense énergétique est illustrée sur la figure 13.

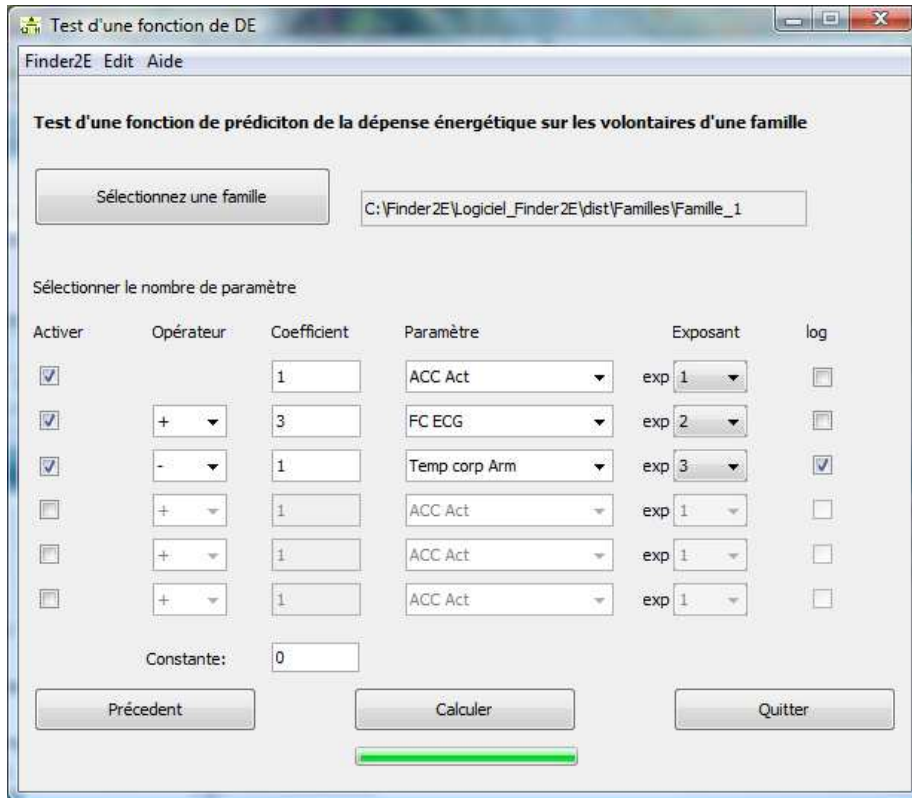


Figure 13 : Test d'une fonction de prédiction dans Finder2E

Nous avons par exemple testé la fonction :

$$DE = ACC_Act + 3*FC_ECG^2 - \ln(Temp_corp_Arm^3)$$

A l'issue de ce test, le dossier Familles contient l'ensemble des dossiers et fichiers Excel cités précédemment, comme le montre la figure 14.

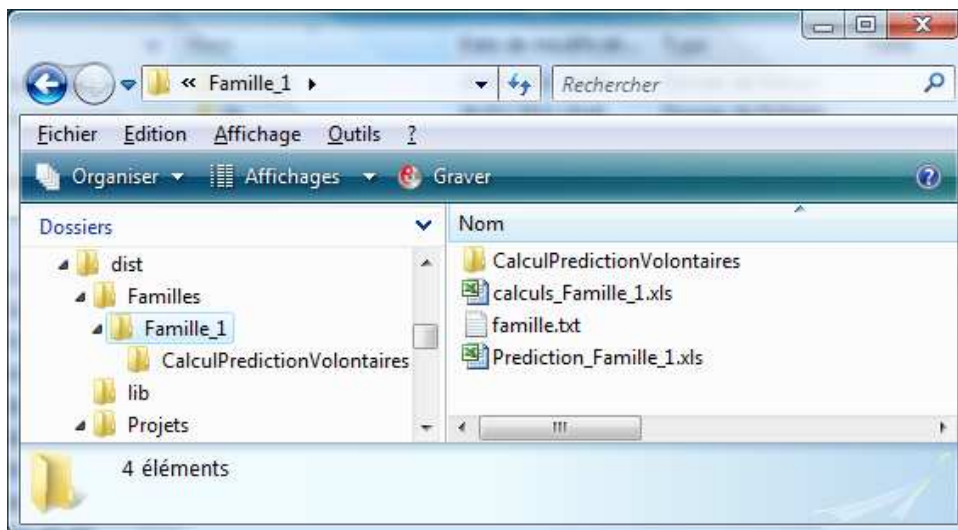


Figure 14 : Arborescence d'une famille

c. Développement de Finder2E

i. Langage utilisé

Le langage utilisé pour développer Finder2E est le Java. Ce choix a été fait par Clara Spriet et Antony Walter, deux étudiants de l'ISIMA, qui ont commencé à développer ce logiciel.

Le logiciel se voulant ouvert à tous et donc adapté aux différents systèmes d'exploitation comme Windows, Mac OS ou encore Linux, il fallait un langage portable. Actuellement, le principal langage portable est le langage Java. Il fonctionne grâce à une Java Virtual Machine (JVM) qui permet d'exécuter un programme écrit en Java. Sur chaque système d'exploitation, il existe une JVM.

De plus, comme le langage Java est très utilisé et éprouvé (créé en 1995), de nombreuses méthodes et bibliothèques sont déjà implémentées, notamment pour tous les calculs de statistiques. Toutes les bibliothèques utilisées par Finder2E sont référencées dans la présentation des licences [4] que nous avons rédigée.

ii. Outil utilisé

L'Environnement de Développement Intégré (EDI) choisi par nos camarades est NetBeans (version 6.9.1). Il peut supporter de nombreux langages, tels que C, C++, Java, Ruby, PHP, JavaScript, CSS ou encore HTML. Il comprend toutes les caractéristiques d'un EDI moderne (éditeur en couleur, projets multi-langage, éditeur graphique d'interfaces et de pages Web, auto complétion) et facilite ainsi le travail du développeur en informatique.

iii. Travail réalisé

Les étudiants qui ont participé au développement de Finder2E, sont Clara Spriet et Anthony Walter (projet de dernière année ISIMA) et Mickael Lasnes (stage de Master 2 professionnel Informatique Décisionnelle et Logicielle).

Clara Spriet et Anthony Walter ont réalisé le cahier des charges et ont plus particulièrement mis en place le diagramme de classes ainsi que la procédure pour le traitement des fichiers, à savoir la standardisation.

Mickael Lasnes a développé tout le processus de la phase de lissage des données. Il a également développé l'ensemble des calculs faits à partir des données issues des capteurs tels que les calculs du coût cardiaque relatif, de la dépense énergétique ou encore les traitements statistiques. Il a ajouté au logiciel la possibilité de créer une famille et de tester la fonction de prédiction.

Au début de notre projet, Finder2E était fonctionnel. Cependant des améliorations restaient à faire. De plus, aucun document décrivant le fonctionnement de Finder2E n'avait été rédigé. Notre travail a donc été de poursuivre le développement de Finder2E et de rédiger toute la documentation de Finder2E.

II. Développement de Finder2E

1. Documentation de Finder2E

a. Manuel utilisateur

i. Intérêt

Le manuel utilisateur nous a fait défaut lors de la découverte et de la prise en main de Finder2E. De la même manière, un manuel utilisateur devenait indispensable pour toute nouvelle personne s'intéressant au projet. Pour cette raison, nous en avons réalisé un.

Nous le voulions multi-usage. La finalité de ce document veut qu'il puisse servir à toute personne susceptible d'être en relation avec Finder2E, aussi bien un utilisateur qu'un informaticien qui reprend le développement de l'application ou encore un chercheur voulant découvrir Finder2E et connaître ses possibilités.

Le document de présentation de Finder2E [2] est à la fois technique et fonctionnel. Un utilisateur retrouvera les indications utiles à la création d'un projet, d'une famille et toutes les autres fonctionnalités qu'offre Finder2E. Une personne technique reprenant l'application aura des détails sur la création des flux de données – e.g. des fichiers standardisés – et à quelle étape ils se créent. Ce document est donc complémentaire de la description fonctionnelle qui modélise les processus avec les flux d'entrée/sortie.

ii. Contenu

Le document de présentation de Finder2E fait 44 pages. Il a été rédigé sur plusieurs semaines. Chaque réunion permettait d'améliorer, de clarifier ou de détailler certaines descriptions. Il est constitué d'un glossaire reprenant tous les termes non triviaux présents dans le document. Un avant-propos rédigé par Mme Rousset et M. Lacomme, décrit le contexte et les enjeux de Finder2E. Ensuite, le manuel prend le cas classique de la création d'un projet et d'une famille afin de voir comment utiliser l'application et découvrir ses fonctionnalités. A chaque étape, les flux intervenants sont décrits, qu'il s'agisse des flux d'entrée ou de sortie. Après la conclusion et les références bibliographiques, le lecteur trouvera des annexes sur les différents calculs réalisés par Finder2E, sur le format et le contenu de certains fichiers.

b. Description fonctionnelle

i. Intérêt

Tout comme pour le manuel d'utilisation de Finder2E, aucune description fonctionnelle n'avait été faite. Avant de commencer tout développement dans l'application, nous avons jugé utile avec Mme Rousset et M. Lacomme, de réaliser une description fonctionnelle. Plusieurs raisons expliquent ce choix.

Tout d'abord, la description fonctionnelle fournit une analyse pertinente de Finder2E et utile pour les projets futurs. En effet, elle constitue un complément d'information au manuel utilisateur puisqu'elle reprend chaque fonctionnalité de l'application et explique comment ces fonctionnalités communiquent.

Ensuite, la description fonctionnelle nous a permis de comprendre chaque étape de fonctionnement du logiciel puisque l'analyse oblige à décomposer les fonctionnalités de l'application de manière relativement détaillée.

Enfin, cette étude approfondie a été une introduction à l'amélioration technique de Finder2E.

Comprendre le modèle fonctionnel de cette application nous a permis de mieux appréhender et comprendre le code de Finder2.

ii. Méthode SADT (ou IDEF0)

1. Définition

La méthode retenue pour effectuer notre analyse fonctionnelle est la méthode SADT (pour Structured Analysis and Design Technic) ou IDEF0 (pour Integration Definition for Function modeling). Cette méthode est hiérarchisée par niveau afin de clarifier et de décomposer la complexité du système étudié.

L'analyse part du but général de l'application (dit "niveau A-0") vers le particulier et le détaillé. SADT est une démarche systémique de modélisation d'un système complexe ou d'un processus opératoire.

Chaque sous-niveau possède en entrée la matière d'œuvre entrante qui est le flux modifié par la « boîte » et en sortie, le flux transformé : la matière d'œuvre sortante. Ensuite, les flux arrivant du haut ou du bas correspondent au flux et moyens utilisés par le processus sans pour autant les affecter.

Vous pouvez voir ci-dessous un exemple avec les différents flux qui interviennent (figure 15).

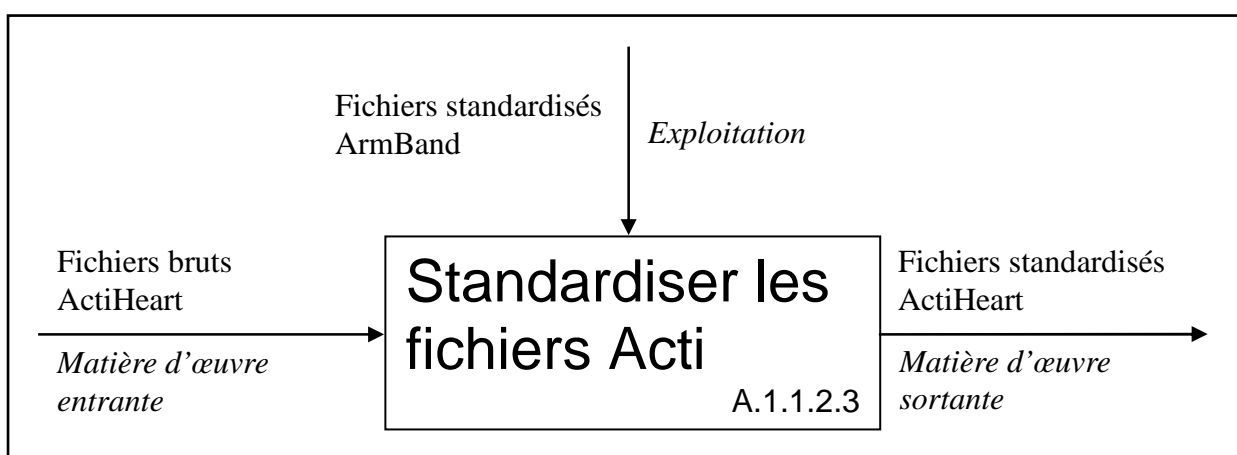


Figure 15 : Diagramme SADT d'un sous-niveau du niveau A1.1.2

N.B. : Les fichiers bruts ActiHeart sont transformés par ce processus alors que les fichiers standardisés ArmBand servent à la standardisation des fichiers ActiHeart (remplacement des données manquantes de fréquence cardiaque) sans être modifiés.

2. Application

La description fonctionnelle [3] s'est faite sur plusieurs semaines. Nous avons réalisé sept versions avant d'arriver à la version finale. Le document final comprend 21 pages. Il explique la méthode retenue pour l'analyse, et contient également un lexique des termes non triviaux qu'il est possible de retrouver à l'intérieur. Cette description a été le sujet des premières réunions que nous avons eues avec Mme Rousset et M. Lacomme. Au fur et à mesure que nous avançons, nous ajoutons des précisions, nous décrivons des niveaux supplémentaires. La description est détaillée pas à pas selon cinq niveaux successifs. Le plus difficile a été de comprendre quelles étaient les données d'entrée, quelles données seraient modifiées, à quoi étaient destinées les données de sortie. La méthode SADT est un jeu de piste permettant de naviguer parmi les fonctionnalités de Finder2E. Cette méthode permet de savoir pour chaque action, quels sont les éléments dont elle a besoin pour être exécutée. Le lecteur peut ainsi consulter la figure qui présente le (sous) niveau dont il a besoin sachant que l'analyse part de l'application et tend à descendre vers le niveau d'implémentation.

Ainsi, la figure 16 montre un exemple d'un niveau entier, extrait de l'analyse fonctionnelle [3].

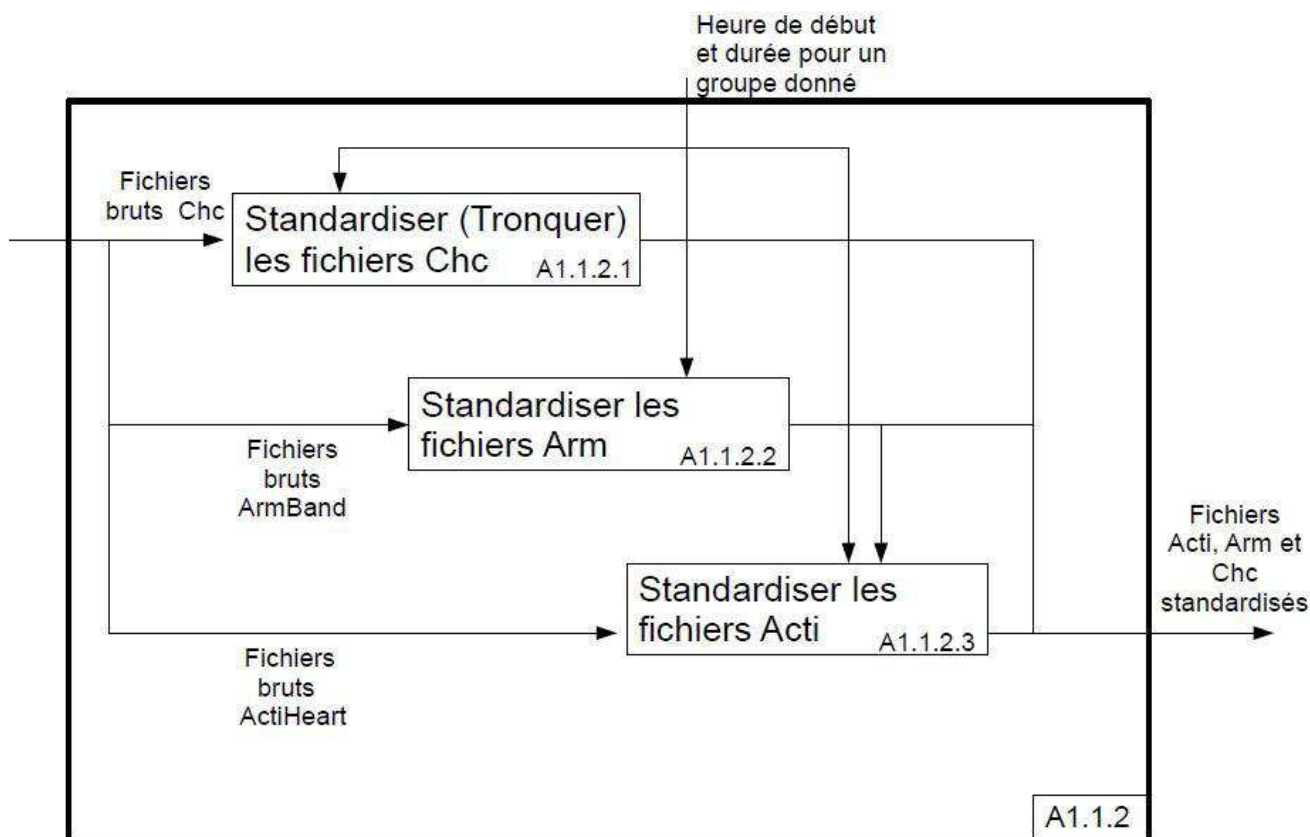


Figure 16 : Diagramme SADT représentant la standardisation des fichiers

N.B. : La méthode SADT a été retenue pour cette description pour deux raisons. Elle s'adapte bien au fonctionnement de l'application. De plus, la mise en place de cette méthode est simple, claire et précise pour le lecteur, qu'il soit spécialiste ou néophyte du domaine.

c. Licences

Nous avons rédigé un document d'une trentaine de pages listant les licences des bibliothèques utilisées par Finder2E [4].

Un tableau résume la licence associée à chaque bibliothèque utilisée par Finder2E ainsi que l'URL du site officiel de chaque bibliothèque. Ensuite, nous avons ajouté un tableau résumant les compatibilités entre licences. Enfin, nous y avons joint les termes et conditions d'utilisation des licences.

Ce document nous a été demandé dans l'optique de la distribution éventuelle de Finder2E. Ce document a été transmis à l'INRA Transfert, une unité qui gère les aspects juridiques ainsi que la valorisation des produits conçus par des chercheurs de l'INRA.

2. Améliorations de l'existant

a. Introduction

Rappelons qu'au début de notre projet, Finder2E était fonctionnel. Cependant, comme tout projet de cette envergure, le développement n'est jamais réellement terminé. Pour cette raison, un des objectifs fixés dans notre projet était non seulement de corriger les éventuels bogues mais également de concevoir d'autres fonctionnalités nécessaires à l'étude des paramètres liés à la dépense énergétique. Des critères ont été définis afin de donner des priorités aux corrections et aux ajouts de nouvelles fonctionnalités.

b. Critères de priorités des corrections

Avant de démarrer la correction et l'amélioration de Finder2E, Mme Rousset a listé les corrections à apporter à l'application. Nous avons complété cette liste par les corrections que nous avons relevées durant la rédaction des différents documents. Nous avons ensuite affecté trois indicateurs à chaque correction envisagée :

Le premier indicateur illustre le type de correction.

- Bogue : un bogue est un dysfonctionnement dans une fonctionnalité qui peut provenir d'une action impossible dans certains cas, ou encore d'un traitement mal réalisé.
- Fonctionnalité : ceci n'est pas une réelle correction. C'est un apport par rapport à l'existant. L'ajout de graphiques en fonction du temps en est un exemple.
- Cosmétique : il s'agit d'imperfections ou d'améliorations dans l'esthétisme de l'application ou bien dans les fichiers générés. Par exemple, la coloration des colonnes d'un fichier Excel est une amélioration cosmétique.
- Texte : Lorsqu'un mot est mal orthographié, ou bien que le terme affiché doit être remplacé, il s'agit de corrections « texte ».
- Ergonomie : c'est une amélioration de la lisibilité des pages d'écran. C'est une correction intermédiaire entre la correction cosmétique et la fonctionnalité.

Le deuxième indicateur est la gravité du bogue. Elle est considérée comme mineure ou majeure.

Les termes « mineur » et « majeur » n'ont pas le même sens pour le développeur et pour l'utilisateur.

En effet, supposons que dans un cas rare et donc évitable, l'application ne réalise pas une tâche. Pour l'utilisateur, le bogue est peut être mineur. Cependant, il peut cacher une erreur grave et difficile à corriger et donc être considéré comme majeur pour le développeur. L'idée retenue est que la gravité est évaluée selon la vision utilisateur.

Ainsi est née l'idée du **troisième indicateur**. Il permet de traduire cette notion de mineur/majeur pour l'ensemble des corrections, bogues inclus, selon la vision du développeur. Il a cependant davantage de nuances. Il permet plutôt de traduire le temps approximatif qu'il faudra, au développeur, pour faire une correction.

Il est à noter que ce n'est qu'un indicateur car parfois la difficulté est cachée. La correction peut être plus difficile que prévu ou inversement.

Nous avons donc retenu en réunion, une échelle arbitraire allant de 1 à 10 où 1 représente une correction rapide et 10 représente une correction irréalisable dans les délais impartis.

Enfin, en fonction de la priorité de résolution fixée par Mme Rousset et des trois indicateurs, nous avons finalisé ensemble l'ordre dans lequel se feraient les corrections.

Les premières corrections ont été mineures, volontairement pour nous permettre de nous familiariser et de nous adapter au code.

Nous avons recensé au début du projet 41 bogues ou nouvelles fonctionnalités. A l'heure où ce document est écrit, plus de 90% des corrections et améliorations ont été faites. Nous avons estimé que nous pourrions corriger environ 50% des bogues dans le cas où ceux-ci auraient été difficiles à traiter et 66% si la correction se déroulait selon notre tableau de priorité avec les indicateurs définis. En réalité, au fur et à mesure du déroulement du projet et de notre familiarisation croissante avec le code, nous avons été de plus en plus rapides et efficaces, ce qui explique le nombre très élevé de problèmes résolus. En annexe A, un tableau récapitulatif résume les principales statistiques.

c. Approfondissement des corrections par type

Dans cette sous-partie, des précisions sont apportées sur les types de corrections faites. Elles sont illustrées par quelques exemples.

i. Texte

Ce sont les corrections qui impactent le texte visible, soit au niveau de l'interface de Finder2E, soit dans les fichiers générés.

Pendant la réalisation de l'analyse fonctionnelle, les définitions de certains termes ou notions ont pu être précisées. C'était le cas du filtrage des données selon la méthode de Savistky-Golay lors du traitement des fichiers. Finalement, le terme « filtrage » a été abandonné pour être remplacé par « lissage ». Ainsi, lorsque le terme « filtrage » était présent dans l'application, nous l'avons remplacé afin d'avoir une cohérence entre la description fonctionnelle et l'application.

ii. Cosmétique

Il ne faut pas négliger ce type de correction. En effet, les interfaces et les affichages sont les premières réalisations que voient les utilisateurs. Cela correspond à l'agencement des composants sur une page. Dans l'optique d'améliorer la lisibilité des fichiers contenant de nombreuses colonnes, la coloration des colonnes pour chaque paramètre, a été réalisée. Le résultat est visible figure 17.

METs				Aire sous la courbe						
MET 0-3	MET 3-6	MET 6-9	MET 9-20	DE Activite	ActiHeart	DE Total	ActiHeart	DE ArmBand	DE Chambre	CCR Act (avec FCmin5p)
360	0	0	0	0,1	8,35	7,62	6,52			9,93
57	0	0	0	0,05	1,34	1,17	1,15			2,29
16	0	0	0	0,03	0,38	0,38	0,35			2,2
11	0	0	0	0,01	0,24	0,21	0,28			1,44
16	0	0	0	0,08	0,44	0,34	0,46			2,83
6	0	0	0	0,18	0,31	0,22	0,34			1,55
15	0	0	0	0,2	0,54	0,31	0,57			3,39
14	0	0	0	0,1	0,4	0,53	0,43			2,33
25	0	0	0	0,07	0,63	0,55	0,71			2,76
7	14	0	0	0,5	1,01	1,36	1,29			3,8
9	0	0	0	0,02	0,2	0,2	0,28			0,81
12	8	0	0	0,51	1	1,17	1,36			3,75
28	1	0	0	0,03	0,67	0,68	0,5			1,81
11	0	0	0	0,02	0,25	0,21	0,13			0,77
21	0	0	0	0,09	0,56	0,57	0,43			3,29
11	0	0	0	0,03	0,26	0,22	0,32			1,28
1	19	0	0	0,83	1,36	1,56	1,75			5,36
28	1	0	0	0,07	0,72	0,63	0,79			3,35
3	18	0	0	0,79	1,32	1,34	1,82			6,22
29	1	0	0	0,12	0,8	0,65	0,79			3,54

Figure 17 : Exemple de fichier Excel Calcul_famille généré à la création d'une famille

iii. Bogues

1. Bogue mineur

Des erreurs minimales ont été constatées dans le calcul des moyennes des paramètres par activité. En effet, une minute de trop après la fin de l'activité était intégrée dans le calcul. Il s'agit d'un bogue mineur (à la fois pour l'utilisateur et le développeur) de Finder2E.

Les autres bogues mineurs rencontrés étaient des cas d'utilisation oubliés ou des fenêtres de demande de confirmation à réaliser avant de quitter l'application.

2. Bogue majeur

Ces bogues sont plus gênants pour l'utilisateur car les résultats de calcul étaient inexploitable. En effet, ils prenaient en compte des valeurs aberrantes.

Un exemple classique du bogue majeur présent dans Finder2E est le mauvais dimensionnement d'une fenêtre, empêchant l'utilisateur d'accéder au bouton de fermeture de l'application. Ce genre de bogue perturbe le bon déroulement d'une démonstration faite aux autres chercheurs du laboratoire.

3. Ajout de fonctionnalités

a. Description

Cette étape s'est déroulée conjointement à la correction des bogues. Trois grandes classes de fonctionnalités ont été définies. La première classe de fonctionnalités est en rapport avec les graphiques. La seconde classe concerne la modification des fichiers générés : ajout de colonnes spécifiques et création de nouveaux fichiers. Enfin la dernière classe est en rapport avec l'ergonomie.

b. Exemples

i. Les graphiques

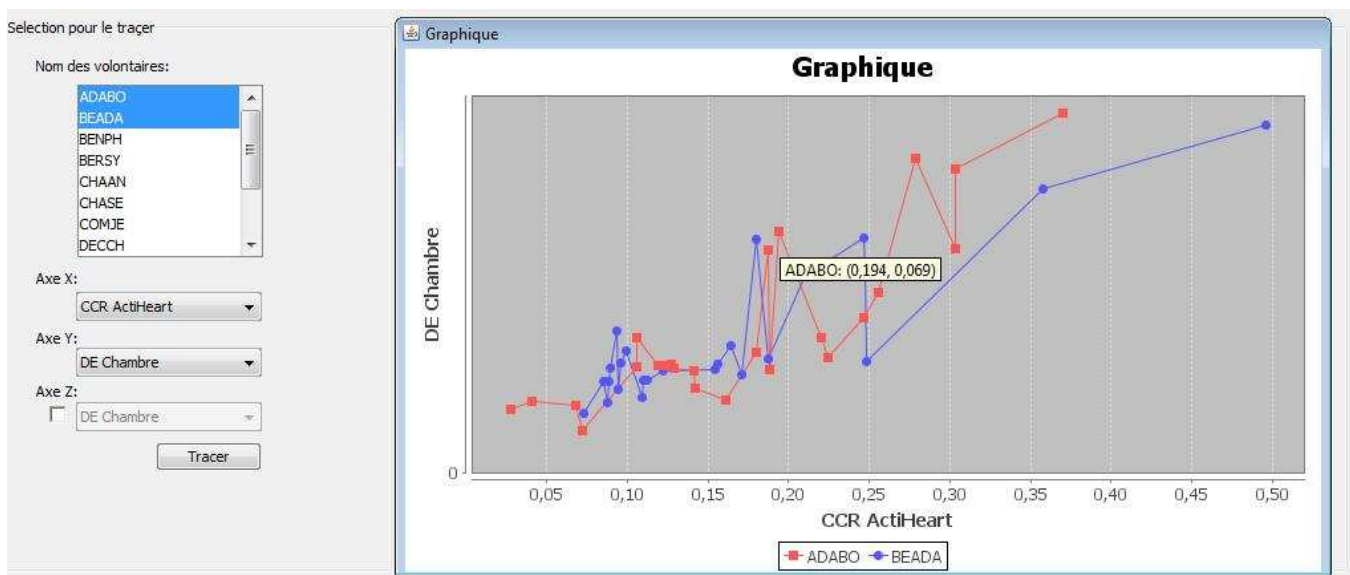


Figure 18 : Représentation d'un graphique en début de projet (version 2.0)

Les graphiques ont été tracés et configurés à l'aide de la bibliothèque JFreeChart. Sur le graphique ci-dessus, nous pouvons voir l'absence de titre personnalisé en fonction du graphique. L'axe des ordonnées n'est pas gradué. Le fond est gris et Mme Rousset désirait l'avoir blanc. Les points représentent les activités caractérisées par les coordonnées moyennes de deux paramètres choisis par l'utilisateur. Nous pouvons remarquer la présence d'une info-bulle ou tooltip qui indique le nom du volontaire et les valeurs des deux coordonnées, sans mentionner l'activité représentée.

1. Insertion d'info-bulles

Comme nous l'avons dit précédemment, les activités ne sont précisées à aucun endroit du graphique. Nous avons envisagé de réaliser des étiquettes avec des numéros d'activité sur le graphique et d'incorporer une légende sur la page. Cependant, deux inconvénients sont apparus. La présence d'étiquettes aurait rapidement surchargé le graphique. De plus, la légende aurait dû être ajoutée à une page déjà chargée.

Nous avons donc cherché à personnaliser les info-bulles. Cependant, son format est standard et nous avons donc dû surcharger un composant (un *renderer*) qui nous a permis d'ajouter l'activité à l'info-bulle.

Exemple d'affichage : sommeil (0,1232 ; 7,5401). Le nom a été retiré puisque chaque volontaire se voit attribuer un code couleur, répertorié dans la légende du graphique.

Les graphiques qui présentent l'évolution d'un paramètre en fonction du temps (détaillé plus loin) ont également des info-bulles. L'info-bulle affiche le nom du volontaire, l'heure de la mesure et la valeur du paramètre en ordonnée.

Exemple : ADABO 10:54 0,7865.

2. Insertion de titres

Dans la version 2 de Finder2E, le titre des graphiques était uniforme : « Graphique ». Dans la version 3, le nom du titre change désormais en fonction des paramètres sélectionnés.

3. Insertion de nouveaux paramètres en abscisse et en ordonnée

Certains paramètres étaient disponibles dans une liste déroulante pour faire des graphiques. Neuf nouveaux paramètres calculés dans le fichier Excel Calcul_Famille ont été ajoutés. La variable temps est maintenant proposée. Il reste encore les dérivées premières et secondes de certains paramètres à ajouter.

4. Possibilité de visualiser l'évolution des paramètres en fonction du temps

Contrairement aux autres paramètres, les points affichés ne représentent pas des activités, mais la valeur du paramètre en ordonnée à un instant donné. L'approche est donc entièrement différente, la manière d'importer les données également. Pour les autres paramètres, les données sont extraites du fichier Calcul_Famille qui contient les moyennes de chaque paramètre pour chaque individu et pour chaque activité.

Les données visibles sur la figure 19, sont les données minute par minute, sur lesquelles sont faites ces moyennes. Elles proviennent de différents fichiers (CCRACT_<nom>.xls, CCRECG_<nom>.xls...). L'application n'a donc accès à ces données qu'au moment de la création du fichier Calcul_Famille. Un deuxième problème s'est donc posé. Il fallait trouver un moyen de récupérer ces données aussi lors de l'ouverture d'une famille.

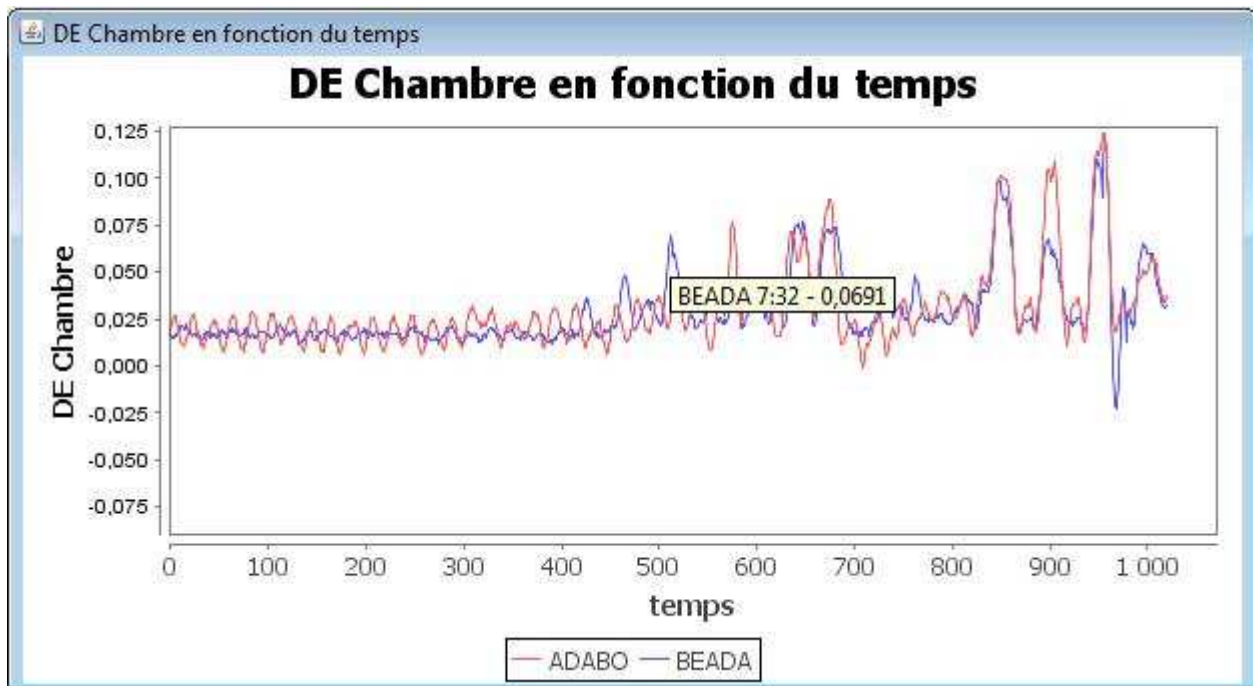


Figure 19 : Graphique représentant la dépense énergétique de volontaires au cours du temps (v3.0)

- Création de fichiers XML (Parsage XML des données)

Pour éviter d'accéder à plusieurs fichiers, ce qui a un coût élevé, la solution retenue a été, lors de la création de la famille, de sauvegarder les données utiles pour l'établissement des graphiques au cours du temps dans un et un seul fichier. Les données sont dans le code de Finder2E organisées de manière arborescente. Ainsi, le format s'est imposé. Le stockage des données se fait donc dans un fichier XML, qui est adapté à ce scénario. Parser les données au format XML a l'avantage de limiter les erreurs de lecture et d'écriture.

De cette manière, l'affichage du graphique est plus long que l'affichage d'un graphique classique de Finder2E puisque le nombre de données n'est pas le même. Cependant, le temps estimé est acceptable par rapport à la solution qui consiste à relire tous les fichiers utiles. Le temps d'attente est de l'ordre du temps de création d'une famille.

Remarque : Pour un graphique « classique » dont un point représente une activité, le nombre de points est de 25 (un point pour chaque activité dans le projet Modelheart). Pour un graphique en fonction du temps, le nombre de points est de 1020 (soit 17h de données) en chambre calorimétrique et de 14000 en conditions habituelles de vie.

- Incidence sur les bibliothèques

Pour réaliser l'enregistrement et la lecture du fichier XML, la bibliothèque JDOM est utilisée. Celle-ci respecte les contraintes d'une licence déjà utilisée par Finder2E. Ainsi, elle n'ajoute aucune contrainte supplémentaire.

- Les familles constituées de volontaires en conditions habituelles de vie

Les volontaires en conditions habituelles de vie ont selon le planning, une seule activité. Ainsi, seul le graphique en fonction du temps est défini. Les infos-bulles ont été encore une fois personnalisées pour afficher les heures, minutes mais également le jour correspondant.

5. Adaptation des échelles en fonction des paramètres

Sur la figure 18, nous pouvons constater que les graduations sur l'axe des ordonnées ne sont pas apparentes. En effet, l'échelle automatique de JFreeChart n'est pas toujours adaptée. Nous avons donc redéfini l'échelle. Après cette modification, les graduations des axes sont apparentes. La redéfinition du composant gérant l'échelle a provoqué cette correction.

La figure 20 montre le résultat après toutes ces améliorations.

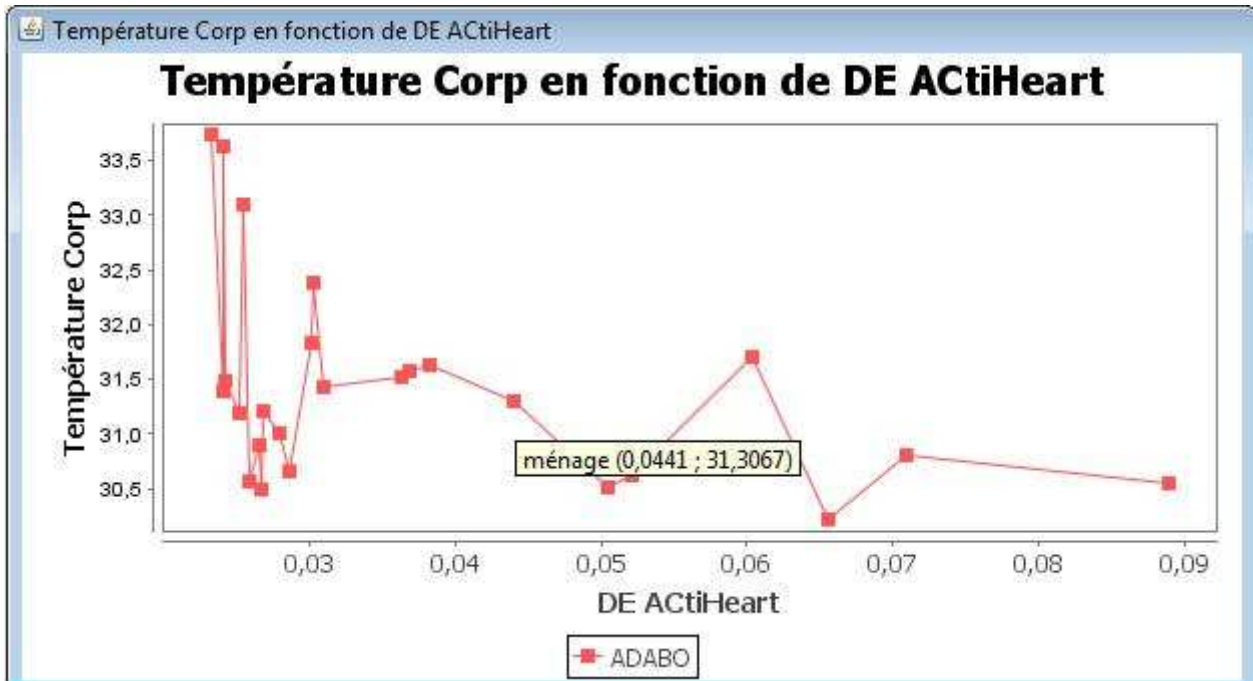


Figure 20 : Graphique « classique » dans la version 3.0 de Finder2E

6. Exportation de graphique et sauvegarde des données info-bulles

Mme Rousset voulait, pouvoir exporter les graphiques affichés sur l'écran ci dessus. La fonctionnalité était prévue dans la barre de menus mais non fonctionnelle. De plus, comme les données info-bulles ne sont pas visibles toutes ensemble sur le graphique, nous avons prévu la possibilité d'exporter ces données dans un simple fichier texte.

ii. Modification des fichiers

Ces fonctionnalités sont de deux types. La fonctionnalité effectue un calcul et l'ajoute dans un fichier existant ou bien elle crée un nouveau fichier.

1. Durée de l'intensité des activités comprises dans un intervalle de METs

Une colonne affichant la moyenne des METs (Metabolic equivalent intensity level) par activité existait déjà dans le fichier Excel Calcul_Famille. Mme Rousset désirait connaître la durée pendant laquelle un volontaire soutient une activité dont l'intensité est estimée en METs. En général, on considère qu'une activité comprise entre 0 et 3 METs est sédentaire, entre 3 et 6 METs est modérée, entre 6 et 9 METs est vigoureuse et au-delà de 9 METs très vigoureuse. Nous avons gardé le principe des 4 classes d'intensité. Par contre nous avons laissé la possibilité à l'utilisateur de choisir un autre intervalle que 3.

L'utilisateur doit d'abord choisir l'intervalle d'intensité, ce qui va servir à fixer 4 classes d'intensité. Supposons que l'utilisateur saisisse la valeur 2 comme intervalle, alors Finder2E comptera le nombre de minutes où les METs sont compris entre 0 et 2, 2 et 2x2, 2x2 et 3x2 et enfin 3x2 et 20 (valeur maximale théorique). L'écriture se fait dans le fichier comme sur la figure 17.

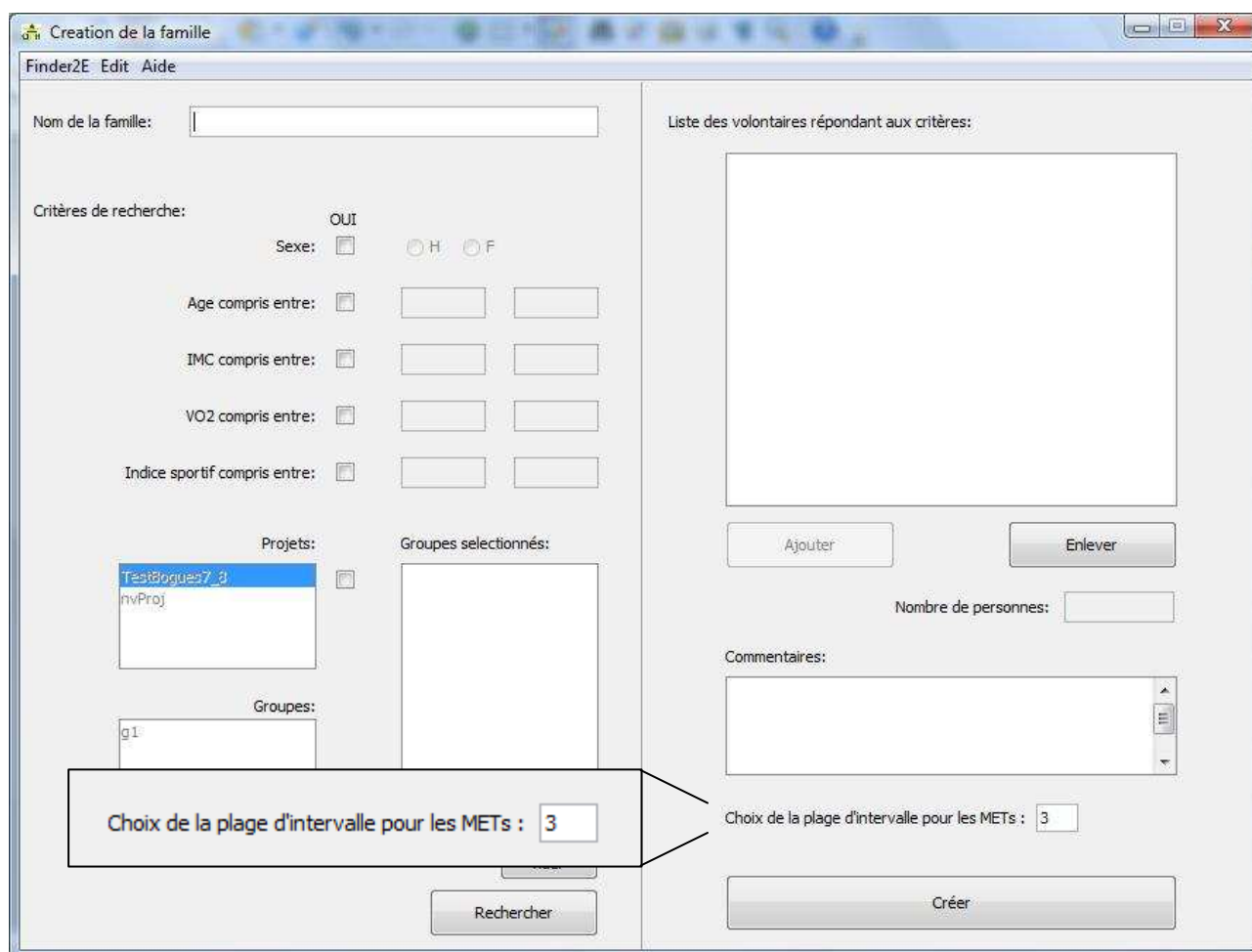


Figure 21 : Page de création d'une famille

2. Ajout de l'aire sous la courbe

Le résultat est visible figure 17. Il s'agit de calculer l'aire sous la courbe : l'évolution d'un paramètre au cours d'une activité donnée pour un volontaire. Le calcul est fait pour chaque paramètre, chaque activité et chaque volontaire. La méthode utilisée est la méthode des trapèzes qui, dans ce scénario, donne une valeur exacte.

3. Sauvegarde d'informations dans des fichiers texte

Dans toute l'application, des sauvegardes ont été réalisées dans des fichiers texte. Cela permet de garder une trace des informations visibles sur l'écran. C'était le cas des données affichées (code du volontaire, âge, estimations de la fréquence cardiaque minimale et maximale) lors du calcul du CCR (figure 22).

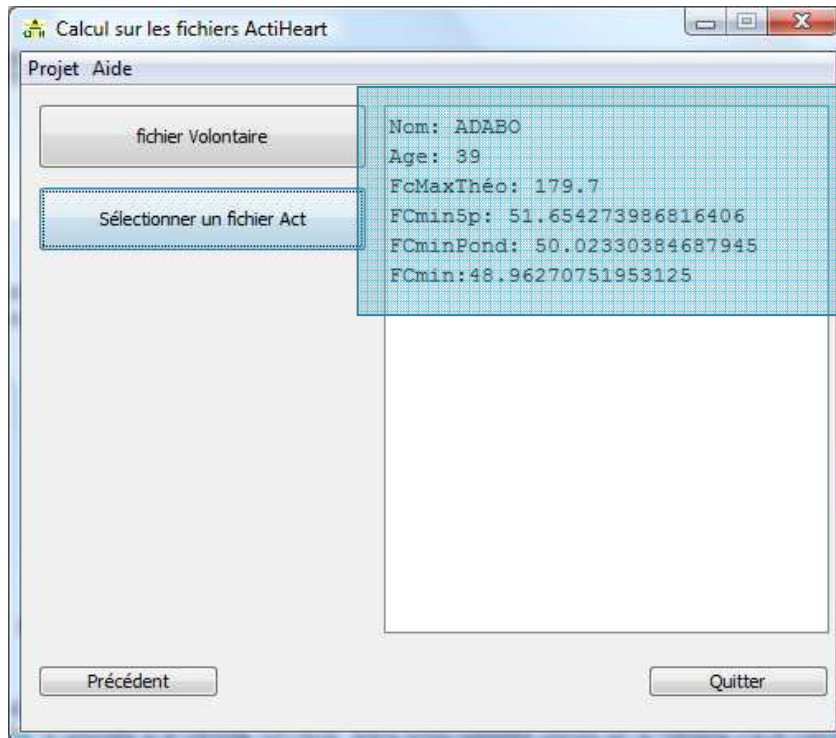


Figure 22 : Résumé des résultats issus du calcul du CCR à partir des fichiers ActiHeart

iii. Ergonomie

L'ergonomie est l'étude scientifique visant à optimiser le confort et l'efficacité de production lors de l'utilisation d'un produit.

1. Look and feel

Le confort est tout d'abord visuel. Le look and feel standard de Java n'est pas agréable à regarder et ne correspond pas au look and feel des autres applications qu'un utilisateur peut avoir sur son ordinateur. Nous avons donc décidé que l'application aurait le même look and feel que le système d'exploitation (dans le cas présent : Windows). Voici sur la figure 23 le look and feel standard de la page d'accueil proposé dans la version 2 de Finder2E. Nous avons amélioré la lisibilité de cette première page dans la version 3 (figure 24) en la simplifiant et en faisant disparaître les boutons des fonctionnalités ainsi que des informations générales. Nous avons ajouté des menus pour permettre à l'utilisateur de sélectionner la fonctionnalité qu'il désire utiliser ou l'information qu'il souhaite lire.



Figure 23 : Page d'accueil de Finder2E 2.0



Figure 24 : Page d'accueil de Finder2E 3.0

2. Agencement

Le problème principal de Finder2E 2.0 était sa navigation peu maniable. Ainsi, l'utilisateur pouvait rester bloqué sur une page et ne plus pouvoir la fermer.

Pour remédier à cette maladresse, nous avons tout d'abord inséré, sur chaque page, une barre de menus permettant de quitter et de retourner sur la page d'accueil (figure 25).

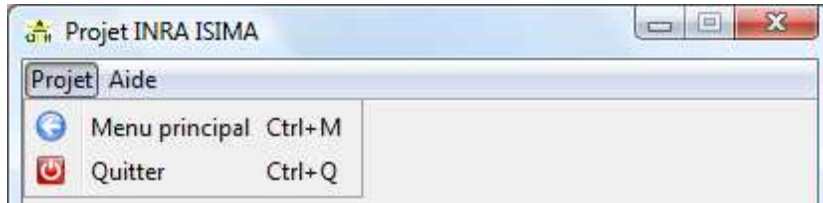


Figure 25 : Barre de menus de Finder2E

Des boutons « Précédent » ont aussi été ajoutés pour permettre à l'utilisateur de recommencer en cas d'erreur ou de mauvaise manipulation. Il est important de comprendre que le but d'une application est d'être simple à utiliser.

Enfin, lorsque l'utilisateur veut quitter l'application, une fenêtre s'ouvre pour lui demander confirmation de sa décision (figure 26).

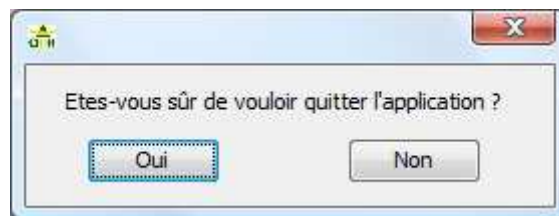


Figure 26 : Fenêtre de confirmation de fermeture de Finder2E

3. Raccourci clavier

Des raccourcis clavier ont aussi été ajoutés permettant à l'utilisateur de choisir entre cliquer ou utiliser son clavier. Quelques exemples sont visibles sur la figure 27.

4. Ajout d'icône

Pour davantage de convivialité, des icônes issues de bibliothèques libres ont été ajoutées pour certains menus. Quelques exemples sont visibles sur la figure 27.

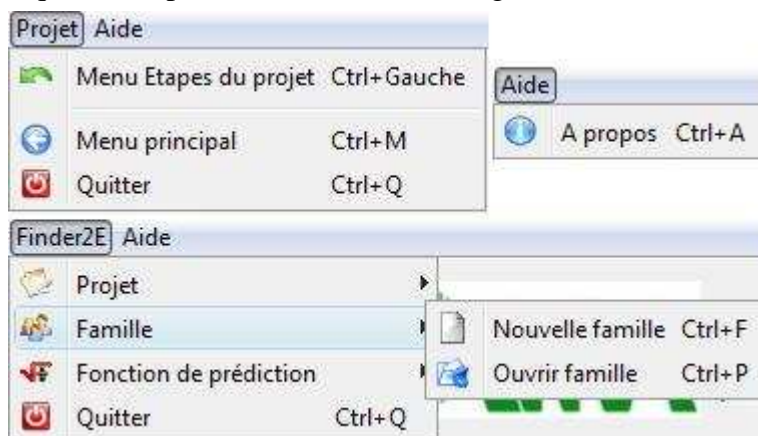


Figure 27 : Exemples d'icônes et de raccourcis clavier attachés à des menus

5. Info-bulles

La plupart des boutons disposent désormais d'info-bulles pour préciser leur fonction. Ils servent à renseigner l'utilisateur des possibilités qu'il a depuis n'importe quelle fenêtre. Ainsi, sur la figure 28, le bouton « Suivant » indique qu'en cliquant dessus, l'utilisateur aura la fenêtre de chargement des fichiers volontaires qui s'ouvrira.

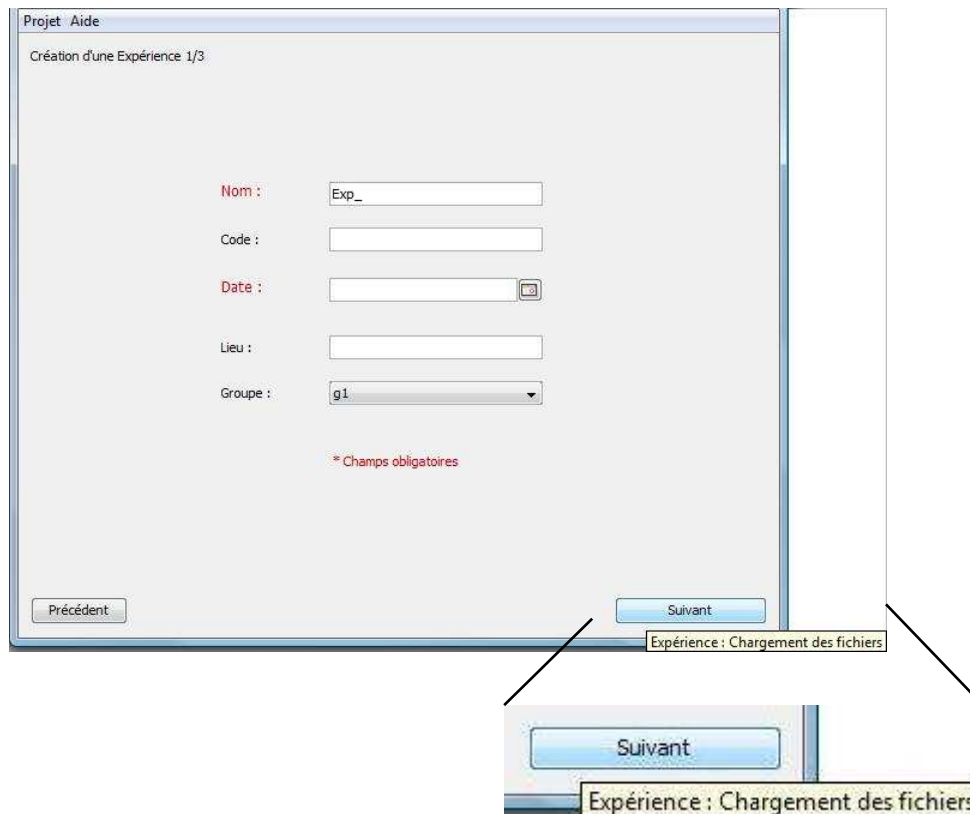


Figure 28 : Info-bulle expliquant à quoi sert le bouton « Suivant »

4. Bilan

Le but de cette partie était de stabiliser davantage l'application en continuité avec le stage précédent, puis d'ajouter des fonctionnalités supplémentaires et enfin d'améliorer l'interface. La réalisation de ces tâches a justifié le passage à la version suivante (version 3).

Malgré la quantité importante de corrections apportées, il reste néanmoins quelques améliorations à effectuer, notamment la version anglaise du logiciel Finder2E, l'aide en ligne et l'accès en ligne du manuel d'utilisation. Par ailleurs, un logiciel étant toujours perfectible, les nouvelles fonctionnalités que nous avons ajoutées peuvent être améliorées, et de nouvelles fonctionnalités peuvent encore être envisagées.

III. Elaboration du cahier des charges du service Web

1. Définition des besoins

a. Déroulement du projet

Un projet vise à étudier un phénomène ou encore à vérifier des hypothèses émises par les chercheurs. Chaque projet est constitué d'une pré-étude et d'une étude. Ces deux phases du projet font intervenir des acteurs différents tels que le chef de projet, les chercheurs, les collaborateurs et les participants potentiels. Le chef de projet est responsable de chacune des étapes d'un projet.

i. La pré-étude

Le chef de projet poste une annonce sur le site Web de l'unité de nutrition humaine de l'INRA pour inviter des visiteurs à participer à un projet sur la dépense énergétique et/ou l'activité physique en lien avec les apports énergétiques et les ressentis émotionnels. Il peut également solliciter les autres média (journaux La Montagne, Info Magazine, France 3 Auvergne, Radio France bleue ...) pour faire paraître son annonce. Un visiteur va sur ce site et lit cette annonce. Il souhaite y participer. Pour cela il contacte le chef de projet et/ou un chercheur par téléphone ou par e-mail pour lui proposer sa candidature.

Le chef de projet et/ou un chercheur vérifie d'abord que le visiteur satisfait les critères d'inclusion (âge, sexe, indice de masse corporel, niveau d'activité physique ...). Si le visiteur correspond au profil, le chef de projet et/ou le chercheur explique ensuite en quoi consiste le protocole, l'implication demandée aux volontaires inclus dans l'étude en terme de contraintes et s'assure que le visiteur a bien compris quelle serait son implication dans le projet. Le visiteur est ensuite considéré comme faisant partie de la pré-étude et obtient le statut de candidat volontaire. Le chef de projet et/ou un chercheur lui envoie le résumé du projet et une demande de consentement éclairé. Simultanément, il lui propose des rendez-vous avec le médecin pour la visite d'inclusion, avec l'infirmière pour une prise de sang et un bilan sanguin, avec la diététicienne pour faire un relevé alimentaire, avec un chercheur pour la détermination de la composition corporelle et l'électrocardiogramme de repos, et avec un médecin du sport pour le test d'effort. Lors de sa visite chez le médecin, le candidat volontaire devra amener la fiche de consentement en deux exemplaires qu'il signera à la fin de la visite médicale.

A l'issue des examens médicaux, les collaborateurs, cités précédemment (médecins, infirmière, diététicienne, etc.), fournissent des résultats imprimés sous forme de feuilles volantes ou de fichiers Excel pour chaque candidat volontaire. Ils les transmettent en main propre au chef de projet et lui disent quels sont les candidats volontaires inclus et exclus de l'étude. Les résultats de la pré-étude sont communiqués aux candidats volontaires nominativement par courrier ou en main propre. Les candidats exclus sont informés oralement par le médecin de leur non participation à l'étude et du motif qui les exclut.

Si un candidat volontaire ou un visiteur ne convient pas pour cette étude mais qu'il pourrait faire partie d'un autre projet, le chef de projet et/ou le chercheur lui demande s'il souhaite être enregistré en tant que candidat potentiel pour d'autres études. Si le candidat est d'accord, le chercheur lui envoie la fiche d'inscription au registre des volontaires à remplir puis à retourner au laboratoire de nutrition humaine. Le collaborateur chargé de tenir à jour le registre des volontaires enregistrera le candidat potentiel dans le registre.

Le chef de projet et/ou un chercheur peut également rechercher des candidats potentiels dans le registre des volontaires. Pour cela il doit s'adresser au collaborateur en charge de ce registre pour faire l'extraction des candidats potentiels répondant aux critères de l'étude. En effet, il choisit les candidats potentiels et demande au collaborateur responsable du registre de les marquer comme sélectionné pour le projet en cours. Cela évitera tout conflit avec d'autres projets. Le chef de projet et/ou un chercheur pourra également imprimer ou enregistrer dans un fichier Excel des données

concernant ce candidat potentiel. Ensuite, le chef de projet et/ou un chercheur prennent contact avec ces candidats potentiels pour leur demander s'ils souhaiteraient participer au projet. S'ils le souhaitent, la procédure d'inclusion est la même que celle décrite ci-dessus.

Le passage d'un statut à l'autre pour les participants est résumé sur la figure 29.

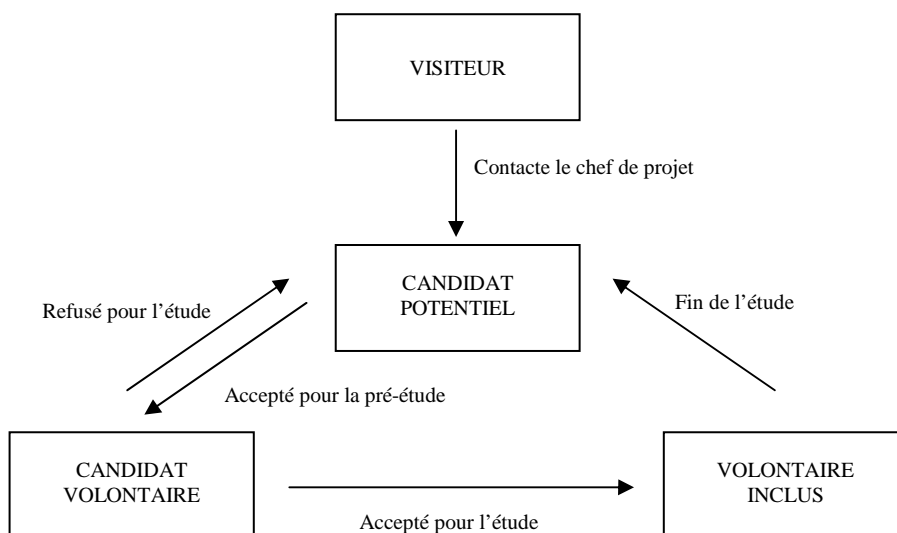


Figure 29 : Changement de statut des participants

ii. L'étude

A la fin de la pré-étude, les candidats volontaires admis pour l'étude deviennent des volontaires inclus. Le chef de projet et /ou un chercheur fournira aux volontaires inclus un ou deux capteurs (ArmBand et/ou ActiHeart) ainsi qu'un planning d'activité à suivre pendant l'étude et des questionnaires à remplir. Un planning de rendez vous est également établi entre les chercheurs et les volontaires inclus.

Les chercheurs ont pour rôle de rappeler aux volontaires inclus non seulement leur rendez-vous mais également de penser à renvoyer les capteurs prêtés et des questionnaires remplis.

Dans le cadre d'un projet, des laboratoires extérieurs peuvent être sollicités pour recueillir des données de dépense énergétique à partir de capteurs, ou bien de faire des analyses biochimiques sur des prélèvements humains (urine, sang, salive) et déterminer par exemple la dépense énergétique totale. Ces fichiers de résultats sont envoyés au chef de projet.

Après avoir réceptionné les capteurs (ActiHeart, ArmBand), les chercheurs habilités à interpréter les données d'activité physique ont à décharger les fichiers Excel. Le chef de projet traite, ensuite, les fichiers issus des capteurs à l'aide du logiciel Finder2E.

Actuellement, les questionnaires complétés par les volontaires inclus sont dépouillés par les chercheurs. Ces derniers peuvent alors faire des analyses statistiques à l'aide du logiciel SAS.

L'analyse statistique de ces questionnaires et les fichiers générés par Finder2E aboutissent à la rédaction de rapports, de comptes-rendus et d'autres documents pertinents pour les autres chercheurs de l'équipe.

A la fin du projet, le chef de projet transmet les résultats (résumé général et/ou propre au volontaire inclus) aux volontaires inclus et leur demande s'ils souhaitent être enregistrés en tant que candidat potentiel pour des études ultérieures. Après leur accord, il leur enverra une fiche d'inscription au registre des volontaires à remplir et à retourner au laboratoire de nutrition humaine. S'il n'obtient pas cet accord, les volontaires ne feront pas partie du registre des volontaires.

b. Intérêt du service Web

Lors de l'étude, les volontaires doivent rester en contact avec les chercheurs du laboratoire. En effet, ils doivent transmettre aux chercheurs, soit en main propre, soit par courrier, les fichiers issus des capteurs et les questionnaires qu'ils ont remplis. Cette procédure, coûteuse en temps et en argent, peut dissuader certaines personnes de vouloir participer à l'étude et restreint ainsi la zone géographique de participation des volontaires.

Par ailleurs, le suivi des volontaires par les chercheurs est difficile à distance. Les échanges d'information concernant les volontaires sont aussi difficiles à partager entre les chercheurs.

Enfin, le dépouillement et l'analyse statistique des questionnaires sont actuellement réalisés manuellement par les chercheurs. Ils ont également la charge de rappeler aux volontaires leurs rendez-vous. Ces tâches longues à effectuer pour le chercheur pourraient être automatisées.

L'équipe CHLEO souhaiterait ainsi mettre en place un service Web facilitant la communication entre les chercheurs et les volontaires, automatisant certaines tâches et élargissant la zone géographique de participation des volontaires.

c. Description des besoins

Notre objectif est de mettre en place un système collaboratif permettant aux chercheurs de suivre les volontaires et de communiquer avec eux. Lors des premières réunions, notre chef de projet nous a expliqué plus précisément ce qu'elle attendait de ce service Web. Il en est ressorti que dans l'idéal, le système devrait comporter quatre parties.

i. Partie « Administration »

Cette partie de l'application Web permettra à un utilisateur autorisé de gérer et d'administrer la base de données des utilisateurs, de gérer les droits d'accès des chercheurs sur le site Web.

Cette partie permettra également de créer des questionnaires destinés aux volontaires. Les questionnaires peuvent être de différentes natures. Des questions sur la fréquence de consommation de plusieurs aliments et leur quantité pourront être posées. Cela implique l'utilisation d'une table de conversion (aliment / nutriment) de référence pour déterminer la quantité de nutriments ingérés (protéine, lipide, glucide, apport énergétique global, etc). Des questions fermées pourront aussi être proposées pour déterminer des ressentis concernant l'appétit, les préférences alimentaires, l'activité sédentaire ou dynamique, etc. Des photos pourront être insérées dans les questionnaires.

Des questions ouvertes pourront aussi être proposées. Par contre, ce type de questions ne pourra pas être analysé par le service Web.

ii. Partie « Volontaires »

L'accès à un espace privé contenant l'ensemble des données d'un volontaire sera créé à son attention pendant la durée du protocole.

Le volontaire pourra prendre des rendez vous via le service Web. Les questionnaires devront être envoyés automatiquement aux volontaires. L'acquisition des données sera ainsi suivie et enregistrée automatiquement.

Les volontaires devront pouvoir saisir des informations les concernant (code sujet, âge, taille, poids, prise alimentaire, réponse à des questionnaires divers, déchargement des données de la dépense énergétique). Les fichiers nécessaires au fonctionnement de Finder2E devront pouvoir être transmis via ce service Web.

Pendant le déroulement d'un protocole, un rappel automatique par mail pourra être mis en service pour alerter les volontaires sur des questionnaires à remplir et à renvoyer et des visites à faire au laboratoire.

iii. Partie « Prétraitement des questionnaires et calculs Statistiques »

Les questionnaires seront automatiquement dépouillés, et les résultats statistiques seront enregistrés. L'application pourra par exemple sommer les scores de différentes questions.

Le dépouillement devra pouvoir se faire de manière individuelle ou en fonction d'une famille d'individus définie dans Finder2E.

iv. Partie « Suivi de projet »

Cette partie est destinée aux chercheurs et aux collaborateurs. Les chercheurs et collaborateurs participant au même projet pourront communiquer entre eux via le site web grâce au dépôt de documents tels que la rédaction du projet, les accords du Comité de Protection des personnes et de l'AFSSAPS, des feuilles de résultats, des compte rendus sur l'avancement du projet, les rapports de stage et les publications.

Elle permettra aux chercheurs de faire connaître les nouveaux protocoles de recherche, les principaux résultats de recherche des protocoles terminés et les faits marquants en nutrition plus généralement. La communication des résultats de recherche pourra inciter les volontaires à participer à une nouvelle étude nutritionnelle. Les chercheurs pourront contacter tous les volontaires inscrits pour leur demander de participer à une autre expérience.

2. Analyse des besoins

L'analyse des besoins de l'équipe CHLEO nous a demandé de nombreuses heures de travail. Cette étape était indispensable avant d'envisager de modéliser le service Web. Cette analyse nous a permis de dégager les différents acteurs de ce service Web, leur relations et les actions qu'ils peuvent ou non réaliser.

a. *Le projet*

Nous souhaitons, au départ, que tout le projet puisse être géré par le service Web. Cependant, plusieurs raisons nous ont poussés à supprimer la pré-étude du service Web.

Tout d'abord, les rendez-vous entre les collaborateurs et le candidat volontaire sont pris par un chercheur. Ce dernier consulte les collaborateurs pour connaître leurs disponibilités puis il fixe la date de la visite d'inclusion avec le candidat.

De plus, à la fin de chaque examen, les résultats obtenus sont sous forme « papier ». Ainsi, si le collaborateur voulait transmettre les résultats via le service Web, il devrait au préalable les enregistrer dans son ordinateur. Cela constituerait une charge de travail supplémentaire pour les collaborateurs. Aussi, notre tutrice de projet n'avait pas la certitude que les collaborateurs voudraient utiliser le service Web.

Par ailleurs, le caractère confidentiel de ces résultats nous a posé problème. Nous ne savions pas s'il était possible que des résultats médicaux nominatifs puissent transiter dans le service Web. Bien que le CRNH ait le droit de partager entre les chercheurs des résultats médicaux dans le cadre de la recherche, nous ne savions pas si cela incluait le partage informatique.

Enfin, nous avons considéré le cas du candidat volontaire. En supposant que la pré-étude soit gérée par l'application Web, le candidat volontaire devra pouvoir y accéder. Néanmoins, lors de la pré-étude la seule action qu'il puisse faire est de consulter ses rendez-vous. A ce stade du projet, le chef de projet n'est pas certain que le candidat soit inclus. S'il ne l'est pas, le chef de projet devra lui supprimer l'accès à l'application et changer son statut de candidat volontaire à candidat potentiel. Au contraire, si le volontaire est inclus, il devra changer son statut de candidat volontaire en volontaire inclus. Cela ajoute des responsabilités et du travail au chef de projet.

Le projet se résume donc à la phase d'étude décrite sur la figure suivante.

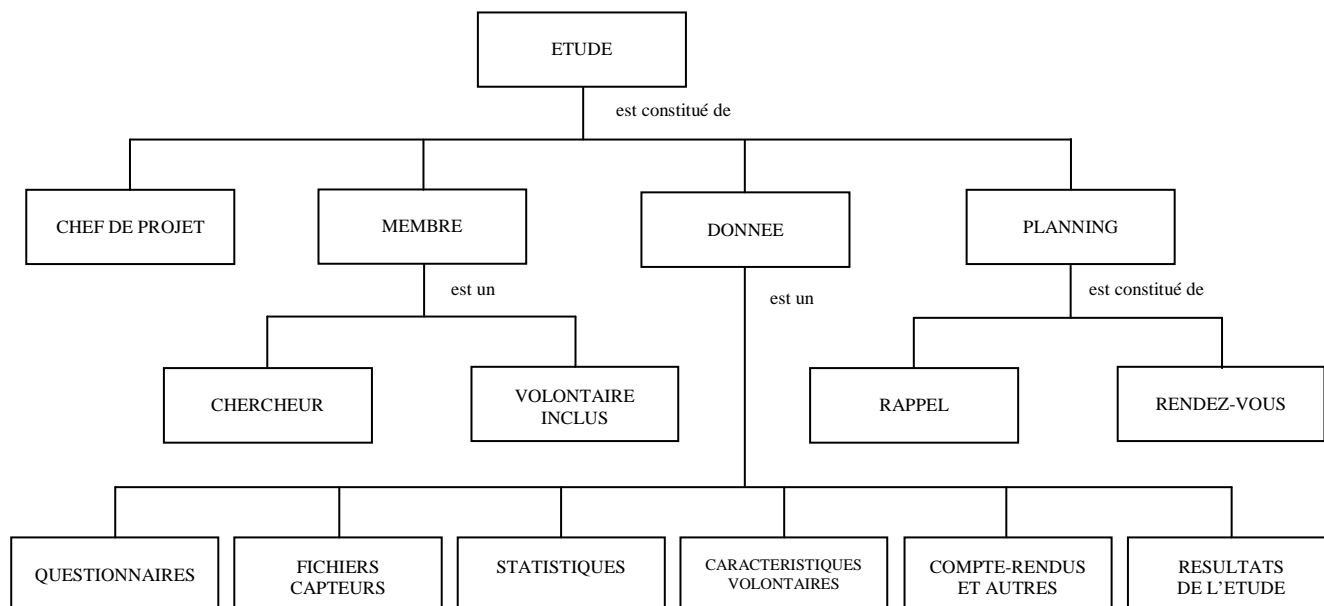


Figure 30 : Composition de l'étude

En base de données, (voir le modèle entité association de l'annexe C) la notion de projet se retrouve dans la table *projet*.

b. Les acteurs et leurs rôles

Limiter le projet à l'étude nous a permis d'écartier des utilisateurs suivants de l'application Web : le visiteur, le candidat potentiel, le candidat volontaire et le collaborateur.

Il en résulte que les personnes ayant accès au service Web sont le chef de projet, les chercheurs et le volontaire inclus. Afin de pouvoir gérer ces différents utilisateurs et leurs droits, nous avons introduit la notion d'administrateur.

i. Administrateur

Nous avons décidé qu'il y aurait un seul administrateur qui s'occuperait de la gestion des utilisateurs de l'application, de leurs profils et des projets, comme le montre la figure 31. Nous avons choisi d'introduire cet administrateur pour des raisons de sécurité et pour éviter que n'importe quel individu puisse s'attribuer des droits qu'il ne devrait pas avoir.

Son rôle est de créer ou modifier un utilisateur (voir table *utilisateur*, Annexe C). Un utilisateur sera caractérisé par son nom, son prénom, son numéro de téléphone et son adresse mail. Il aura également un identifiant et un mot de passe qui lui permettront d'accéder à l'application.

L'administrateur a également la responsabilité de créer, supprimer ou modifier un profil utilisateur (voir table *profil*, Annexe C). Les profils choisis correspondent aux différents types d'utilisateurs définis précédemment (Administrateur, Chef de projet, Chercheur, Volontaire inclus). Dès la création d'un utilisateur, l'administrateur lui attribue un profil.

Le chef de projet est un profil particulier puisqu'un chercheur peut être chef de projet pour un projet et uniquement chercheur pour un autre projet. A la création d'un utilisateur, faisant partie du laboratoire, celui-ci aura forcément le profil de chercheur même s'il peut un jour devenir chef de projet. L'administrateur est une personne extérieure aux différents projets. Il peut donc créer et supprimer un projet et affecter un chef de projet à ce projet. Le changement de profil sera ainsi géré par l'administrateur lors de la création d'un projet.

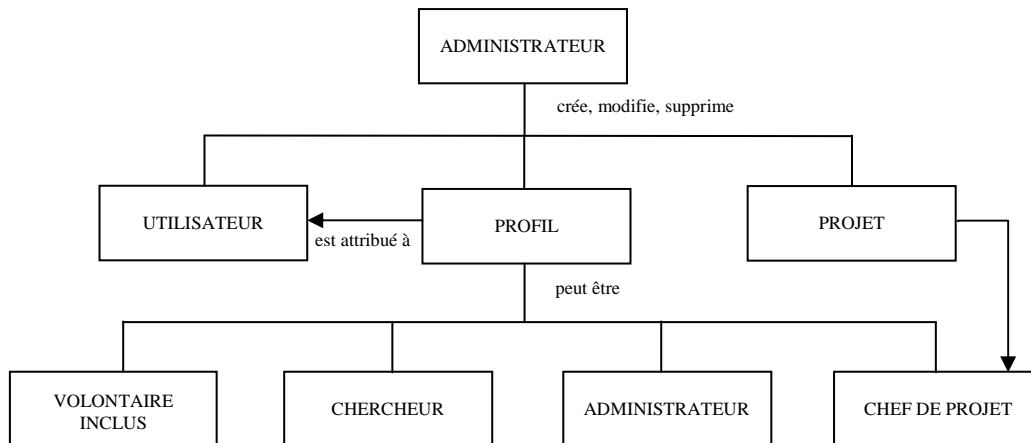


Figure 31 : Rôle de l'administrateur

ii. Chef de projet

D'ordinaire, lors d'un projet de cette envergure, le chef de projet de l'équipe de chercheurs peut être amené à déléguer certaines de ses tâches. C'est pourquoi, bien qu'il n'y ait en réalité qu'un seul chef de projet par projet, l'application prévoit d'en avoir plusieurs (voir table *chercheur*, Annexe C).

Un chef de projet est ainsi un chercheur responsable du projet. Il a donc les mêmes privilèges qu'un chercheur mais gère également les membres du projet, les données et les plannings relatifs à un projet.

Le chef de projet gère toute la phase de pré-étude avec les collaborateurs, les candidats potentiels, les candidats volontaire et les visiteurs.

Une fois la pré-étude terminée, il peut ajouter et supprimer de l'étude des chercheurs (voir table *chercheur*, Annexe C) et/ou volontaires inclus (voir table *volontaire*, Annexe C).

Les informations personnelles (résultats médicaux) obtenues pendant la pré-étude tels que le poids, la taille, la composition corporelle, etc. pouvant servir durant l'étude pourront être enregistrés en base de données, à condition de nommer le volontaire inclus uniquement par son nom de code. La correspondance entre le volontaire inclus et le nom de code sera enregistré dans un fichier non accessible par le service Web. Ainsi, en cas d'intrusion d'un pirate, les données resteront tout de même confidentielles. Le chef de projet leur donnera également un identifiant (leur code) et un mot de passe commun à tous les volontaires inclus. Dès leur première connexion les volontaires inclus devront obligatoirement changer ce mot de passe.

Il attribue à chaque volontaire inclus des capteurs ActiHeart et ArmBand et enregistre la correspondance entre le volontaire inclus et les capteurs prêtés en base de données (voir table *capteur*, Annexe C). Il précisera la date à laquelle devront être renvoyés les capteurs et/ou les fichiers issus du capteur ArmBand. Il définit et enregistre dans l'application le planning d'activités que suivront les volontaires durant l'étude.

Le chef de projet aura également la responsabilité de gérer tout ce qui concerne les questionnaires. En effet, il sera le seul à pouvoir créer des questionnaires (voir table *questionnaire*, Annexe C). Nous avons choisi cela car chaque questionnaire est conçu dans une certaine optique d'analyse et seul le chef de projet a l'expérience suffisante pour créer un questionnaire pertinent. Étant donné qu'à chaque questionnaire est associé un prétraitement, seul le chef de projet pourra créer et choisir les prétraitements qu'il faudra réaliser sur les questionnaires (voir table *pre_traitement*, Annexe C).

Le chef de projet peut ajouter ou supprimer d'un projet un ou plusieurs questionnaires qu'il a créé ou non (voir table *questionnaire_selectionne*, Annexe C). Il planifie l'envoi des questionnaires à remplir par le volontaire. Dans le cas où les questionnaires remplis ne sont pas renvoyés par le

volontaire inclus, le chef de projet reçoit des rappels. Il doit alors appeler par téléphone le volontaire inclus pour lui demander de les renvoyer.

Le chef de projet pourra analyser à l'aide de SAS les questionnaires complétés par les volontaires inclus (voir table *questionnaire_complete*, Annexe C) et prétraités par le service Web (voir table *questionnaire_pre_traite*, Annexe C).

Le dépouillement des questionnaires pourra être fait sur l'ensemble des volontaires ou uniquement sur les volontaires d'une famille définie dans Finder2E. Étant donné que ce dépouillement est géré par le chef de projet, et que le dépouillement peut dépendre d'une famille, nous avons décidé que seul le chef de projet pourrait créer des familles aussi bien dans l'application Web que dans Finder2E (voir table *famille*, Annexe C).

Ainsi, seul un chef de projet traitera les fichiers issus des capteurs et créera des familles dans Finder2E.

Toutes les statistiques obtenues, soit par Finder2E, soit par SAS, seront publiées dans le service Web par le chef de projet.

A la fin du projet, le chef de projet pourra transmettre les résultats (résumé général et/ou propre au volontaire inclus) aux volontaires inclus et leur demander s'ils souhaitent être enregistrés en tant que candidat potentiel pour des études ultérieures. Après leur accord, il leur enverra une fiche d'inscription au registre des volontaires à remplir et à retourner au laboratoire de nutrition humaine. S'il n'obtient pas cet accord, le volontaire inclus sera marqué comme non intéressé par les projets à venir. A la fin du projet et après avoir donné leur réponse, les volontaires n'auront plus accès à l'application.

Le chef de projet doit donc supprimer l'accès des volontaires inclus à l'application Web. Afin de faciliter cette tâche, nous avons introduit la notion de statut pour chaque projet. Si le statut du projet est « en cours », les volontaires inclus ont accès à l'application. Si le statut du projet est au contraire « fini », les volontaires inclus n'ont plus accès à l'application. Il suffit donc que le chef de projet modifie le statut du projet pour couper l'accès des volontaires inclus à l'application.

Nous avons attribué beaucoup de responsabilités au chef de projet. Nous avons fait cela, d'une part, car certaines actions nécessitaient une expérience professionnelle que tous les chercheurs n'ont pas et d'autre part, pour éviter des erreurs ou des oublis dans les enregistrements ou les envois de fichiers. La différence entre le chercheur et le chef de projet provient, pour nous, du fait que le chef de projet gère le projet dans sa globalité alors que le chercheur étudie uniquement les résultats issus de l'étude.

Dans le cahier des charges que nous avons défini [1], des schémas illustrent les flux liés au chef de projet et aux autres acteurs de l'application. Nous ne les avons pas mis pour ne pas surcharger le rapport.

iii. Chercheur

Les chercheurs font partie du laboratoire et peuvent participer à plusieurs projets. Durant l'étude, chaque chercheur peut prendre rendez-vous avec des volontaires inclus (voir table *rendez_vous*, Annexe C). Les chercheurs pourront également être en contact avec les visiteurs, les candidats potentiels et les candidats volontaires durant la pré-étude.

Les chercheurs ont pour rôle l'analyse des fichiers issus des capteurs et des statistiques calculés par Finder2E ou SAS. Cela leur permet de rédiger et publier des rapports, des comptes-rendus et tout autre document pertinent pour les autres chercheurs du laboratoire (voir table *upload_fichier*, Annexe C). Le chercheur peut également rédiger des articles (voir table *article*, Annexe C). Chaque chercheur peut supprimer les fichiers et articles qu'il a publiés et consulter les fichiers relatifs au projet, même s'il ne les a pas publiés. Il peut consulter les données d'un ou plusieurs volontaires inclus.

iv. Volontaire inclus

Un volontaire inclus est une personne qui a obtenu des résultats d'analyse biologique conformes aux exigences de l'étude et qui est donc inclus dans l'étude. Chaque volontaire a des caractéristiques qui lui sont propres (voir table *volontaire*, Annexe C). Certaines sont obtenues lors de la pré-étude comme son sexe, sa date de naissance, son poids, sa taille, son volume respiratoire maximal (VO₂ max), son IMC, son pourcentage de masse grasse, sa masse maigre, sa pression artérielle diastolique et systolique, son métabolisme de repos et son taux d'hormone thyroïdienne. D'autres proviennent des questionnaires remplis lors de l'étude, à savoir le niveau de restriction, l'externalité, l'émotivité et l'indice sportif.

A sa première connexion, le volontaire utilisera l'identifiant et le mot de passe que le chef de projet lui aura attribué. Il devra obligatoirement changer ce mot de passe.

Durant l'étude, les chercheurs ou le chef de projet sont amenés à prendre des rendez-vous avec le volontaire inclus. Des rappels automatiques, la veille des rendez-vous, seront faits au volontaire. Le volontaire inclus reçoit dès le début de l'étude des capteurs ActiHeart et ArmBand à porter. Il doit suivre un planning d'activités défini par le chef de projet. Il devra envoyer au cours de l'étude les fichiers issus des capteurs ArmBand ainsi que les capteurs. Un rappel automatique pourra être fait concernant l'envoi de ces fichiers. Le volontaire inclus devra également remplir les questionnaires envoyés par le chef de projet puis les renvoyer. Des rappels automatiques (la veille du remplissage) pourront également être programmés. Un rappel d'un autre type (alerte de non réception) peut être envisagé à la fois pour les capteurs et les réponses aux questionnaires. Si deux jours après la date convenue de retour, les résultats et/ou les capteurs n'ont pas été envoyés, le chef de projet recevra une alerte.

Chaque volontaire bénéficiera d'un espace privé grâce au service Web où il pourra consulter son planning d'activité, ses rendez-vous, ses rappels, les résultats globaux de l'étude.

Cet espace privé est créé à l'attention d'un volontaire inclus pendant la durée du projet. A la fin de l'étude, le chef de projet lui demandera s'il souhaite être enregistré en tant que candidat potentiel pour d'autres études. Quelque soit sa réponse, le volontaire inclus n'aura plus accès à l'application.

c. *Les échanges*

L'intérêt du service Web est de faciliter la communication entre les différents acteurs d'un projet. Au sein de l'application des données vont être partagées par les différents utilisateurs de l'application. Ces données peuvent être de différents types : fichiers issus des capteurs (ActiHeart, Armband), fichiers issus de la chambre calorimétrique, les caractéristiques du volontaire, des comptes rendus, des calculs statistiques ou encore des réponses aux questionnaires.

Afin de gérer l'accès à ces fichiers nous avons défini des niveaux de confidentialité des données (voir table *confidentialite*, Annexe C) :

- 1 : tout le monde y a accès
- 2 : un volontaire concerné par l'information, les chercheurs et le chef de projet
- 3 : seuls les chercheurs et le chef de projet
- 4 : seul le chef de projet

Par la suite nous décrirons l'ensemble des données échangées dans l'application.

i. Fichiers issus des capteurs

Les fichiers issus des capteurs sont les fichiers générés par les capteurs (ActiHeart, ArmBand et chambre calorimétrique) durant le projet.

Les fichiers ArmBand peuvent être envoyés par les volontaires via l'application ou un chercheur peut charger le fichier ArmBand après réception du capteur.

Les fichiers ActiHeart seront chargés exclusivement dans l'application par un chercheur car le chargement nécessite un adaptateur coûteux.

Enfin, les fichiers de la chambre calorimétrique sont enregistrés dans l'application par les chercheurs et/ou le chef de projet.

Tous ces fichiers Excel seront utilisés et traités par le chef de projet à l'aide de Finder2E. Ils pourront être consultés nominativement par le volontaire concerné. Ainsi, ces fichiers auront un niveau de confidentialité 2.

ii. Questionnaires

Il existe plusieurs types de questionnaires dans l'application :

- les questionnaires créés par les différents chefs de projet qui ont eu accès à l'application (niveau de confidentialité 4) ;
- les questionnaires sélectionnés pour un projet par le chef de projet (niveau de confidentialité 2) ;
- les questionnaires complétés par les volontaires (niveau de confidentialité 2) ;
- les questionnaires ayant subi un prétraitement défini par le chef de projet (niveau de confidentialité 3).

Tous ces questionnaires et leurs réponses sont enregistrés en base de données. Il sera possible de les exporter dans un format Excel (.xls), afin qu'ils puissent être traités par SAS.

iii. Traitements statistiques des données

Les fichiers de statistiques sont des fichiers Excel qu'il est possible de diviser en deux catégories : les statistiques liées aux capteurs ActiHeart et ArmBand et les statistiques liées aux questionnaires.

Les traitements statistiques des données des capteurs sont générés par Finder2E et par SAS.

Les traitements statistiques des réponses aux questionnaires sont issus du dépouillement et du prétraitement réalisés par le service Web ainsi que de l'analyse statistique faite à l'aide de SAS.

Tous ces fichiers ont un niveau de confidentialité 3.

iv. Comptes-rendus et autres

Les chercheurs peuvent publier de nombreux documents tels que :

- les accords du Comité de Protection des personnes et de l'AFSSAPS ;
- les résultats de l'étude ;
- des comptes-rendus sur l'avancement du projet ;
- les rapports de stage et les publications ;
- nouveaux protocoles de recherche ;
- résultats de recherche des protocoles terminés ;
- les faits marquants en nutrition...

Tous ces fichiers ont un niveau de confidentialité 3.

v. Rappel

Des rappels automatiques sont faits (la veille de l'échéance) pour rappeler aux volontaires inclus qu'ils ont des rendez-vous à respecter, qu'ils doivent envoyer les réponses aux questionnaires, ou bien qu'ils doivent envoyer leurs fichiers issus des capteurs (voir table *rappel*, Annexe C). Au-delà d'un certain délai, fixé par le chef de projet, celui-ci reçoit également un rappel si le volontaire n'a pas renvoyer les questionnaires et/ou les fichiers issus des capteurs. Il devra alors appeler par téléphone le volontaire. Aucun rappel n'est fait au chercheur concernant ses rendez-vous car il est à 100% sur le projet et en général il n'oublie pas s'il est bien organisé.

3. Modélisation du service Web

A l'issue de cette étape d'analyse nous avons eu une meilleure vision de l'application Web, qui se nomme aujourd'hui ActivCollector. Cela nous a permis de déterminer les principales fonctionnalités de l'application et l'organisation de la base de données (voir Annexe C).

L'analyse des besoins de l'équipe CHLEO, a révélé qu'il y avait finalement cinq principales parties (Administration, Finder2E, Questionnaires, Fichiers de résultats, et Planning) nécessaire au fonctionnement de l'application, comme le montre le schéma ci-dessous.

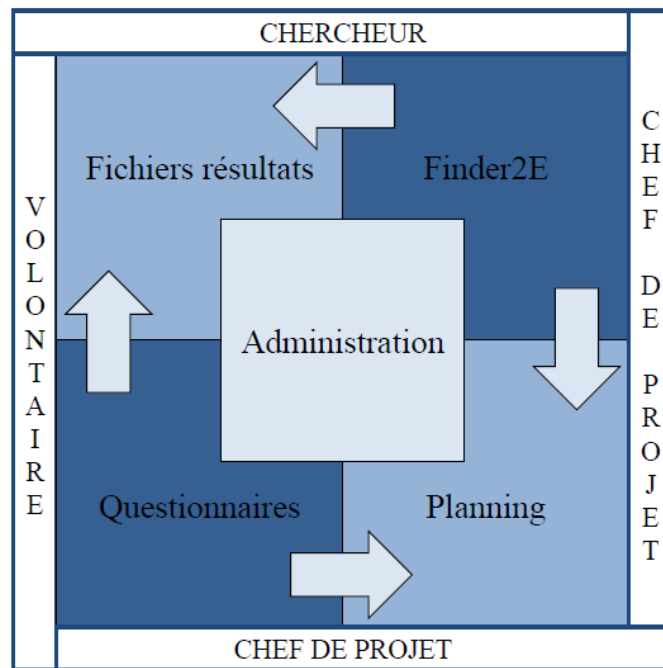


Figure 32 : Schéma général d'ActivCollector

Les acteurs définis précédemment pourront intervenir dans les différents modules. Cela génèrera des flux et des échanges entre les modules.

Chaque action réalisée dans le service Web sera datée et enregistrée en base de données (voir table *historique*, Annexe C).

a. Administration

La partie administration est réservée à l'administrateur (Mme Rousset, étant donné sa participation à la création du service Web et de son implication dans les projets qui portent sur la dépense énergétique).

L'administrateur est responsable de la gestion des droits des utilisateurs. Il crée donc les profils que nous avons définis précédemment : Administrateur, Chef de projet, Chercheurs et

Volontaires inclus. Si au fil de l'utilisation d'ActivCollector, il est nécessaire d'ajouter d'autres profils et/ou d'en modifier ou supprimer, l'administrateur pourra le faire aisément.

L'administrateur crée également les utilisateurs et leur affecte un profil.

Les chercheurs seront créés au début de l'utilisation d'ActivCollector et auront le profil de chercheur. Lorsque l'administrateur crée un nouveau projet, si un chercheur devient chef de projet, alors l'administrateur devra changer le profil du chercheur en chef de projet seulement pour ce projet.

La création de volontaires inclus, se fait au fur et à mesure des projets. Suite aux résultats de la pré-étude, le chef de projet prend connaissance des volontaires qui sont inclus progressivement dans l'étude. Si certains d'entre eux participent pour la première fois à un projet, ils ne sont donc pas enregistrés dans la base de données. Dans ce cas, le volontaire inclus doit être ajouté par l'administrateur à la table des utilisateurs sous un nom de code. Ses coordonnées (mail et téléphone) sont enregistrées pour qu'ils puissent recevoir des rappels.

A la fin de l'étude, si un volontaire ne souhaite plus participer à d'autres projets, l'administrateur devra lui changer de statut et le marquer comme non intéressé à d'autres projets. La suppression d'un volontaire inclus n'est pas envisageable car l'équipe CHLEO souhaite connaître les participants de tous les projets, même ceux terminés. Pour y avoir accès, il faut que le volontaire soit dans la table *utilisateur*.

b. Finder2E

La partie Finder2E concerne toutes les données relatives à Finder2E comme le montre la figure 33.

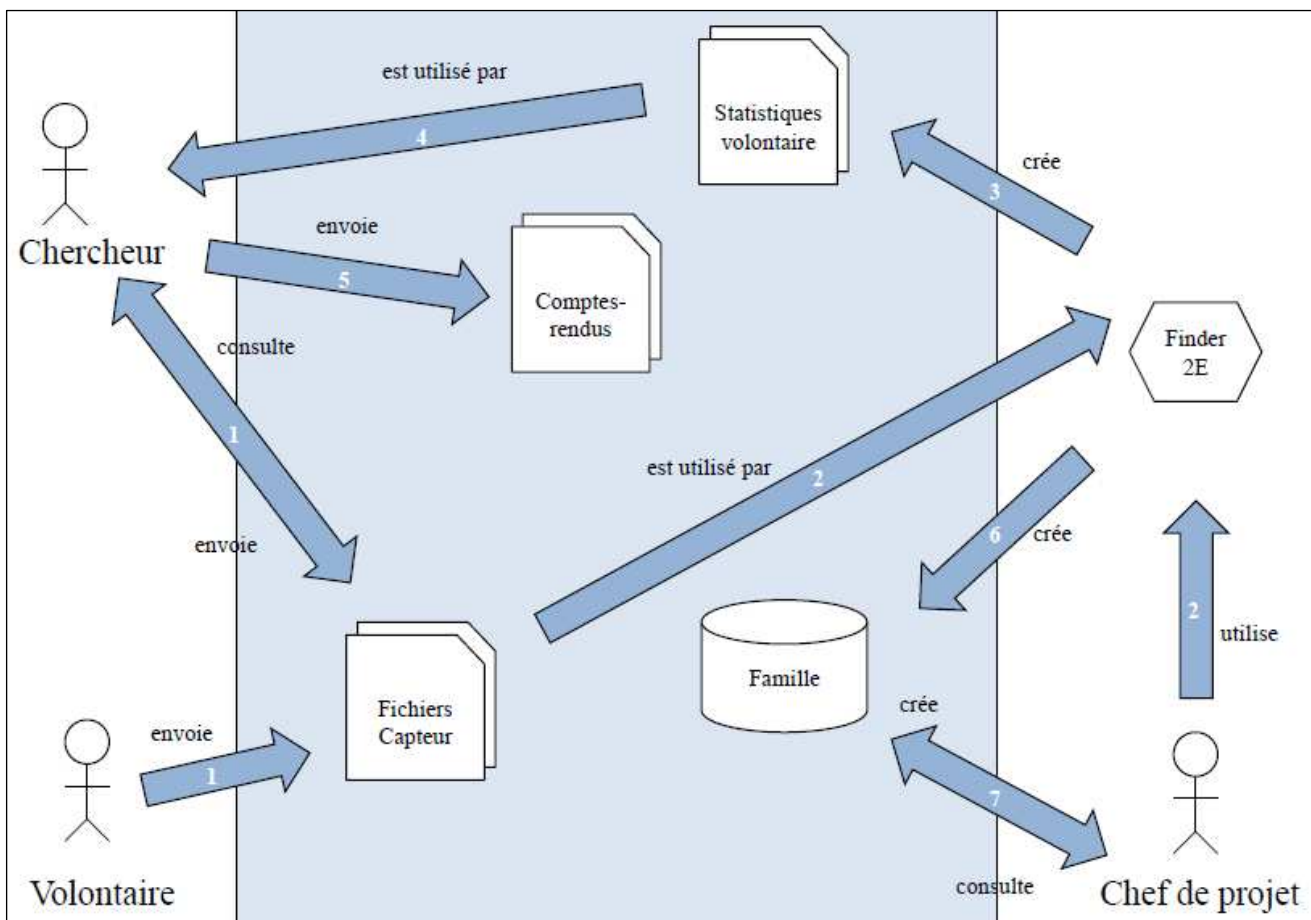


Figure 33 : Fonctionnement de la partie Finder2E

Dans cette partie, les volontaires inclus pourront envoyer leurs fichiers ArmBand. Les fichiers ActiHeart seront enregistrés dans l'application par les chercheurs et/ou le chef de projet. Enfin, les fichiers de la chambre calorimétrique sont enregistrés dans l'application par les chercheurs et/ou le chef de projet (voir flèches 1).

Tous les fichiers issus des capteurs pourront être consultés par les chercheurs et/ou le chef de projet. Cependant, seul le chef de projet les utilisera dans Finder2E (voir flèches 2).

L'utilisation de Finder2E générera des fichiers tels que les fichiers standardisés et lissés, les données d'ECG, les statistiques calculées par famille, des graphiques ou encore le fichier contenant une estimation de la qualité de la fonction de prédiction saisie par l'utilisateur (voir flèche 3).

Le chef de projet pourra les partager avec les autres chercheurs via ActivCollector (flèche 4). Les chercheurs pourront alors les analyser et rédiger des comptes-rendus (flèche 5).

Nous avons expliqué précédemment que les questionnaires pourraient être dépouillés par famille. Cette famille devant correspondre à celle créée dans Finder2E, nous avons choisi deux solutions pour gérer cela. La première est d'ajouter une fonctionnalité dans Finder2E, qui permet d'extraire les caractéristiques d'une famille créée par le chef de projet (voir flèche 6). La seconde est d'ajouter dans ActivCollector une interface permettant de créer des familles (voir flèche 7). La partie Finder2E et la partie Questionnaires étant gérées par la même personne, à savoir le chef de projet, créer une même famille dans les deux parties ne devraient pas poser de problème.

c. Questionnaires

La partie Questionnaires concerne les différentes formes de questionnaires et leur gestion (voir figure 34).

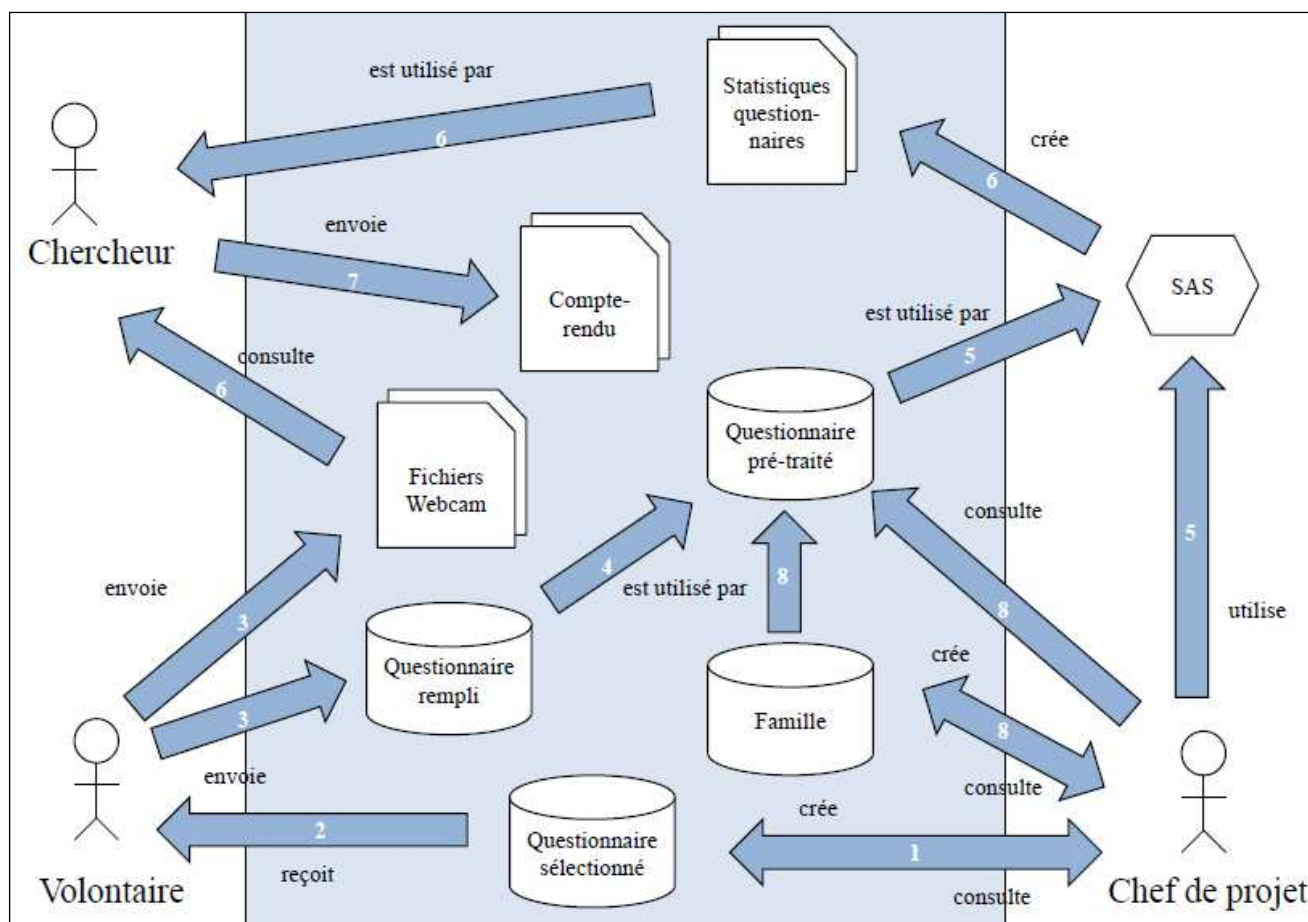


Figure 34 : Fonctionnement de la partie Questionnaires

Le chef de projet peut créer des questionnaires qui pourront être utilisés dans plusieurs projets (voir flèche 1). Pour créer des questionnaires, le chef de projet doit au préalable créer des questions (voir table *question*, Annexe C). Ces questions pourront faire partie de plusieurs questionnaires.

Nous avons opté pour cette solution car un questionnaire est constitué de plusieurs types de questions (question ouverte, images, QCM, question nécessitant une table de référence pour faire des calculs ...). Mme Rousset voulait pouvoir créer un questionnaire sans qu'il y ait de contrainte sur le type de question, le nombre de question ou l'ordre dans lequel elles seront. Ainsi, nous ne pouvions pas définir de questionnaire type.

Lors de la création d'une question, le chef de projet choisit tout d'abord le type de question, à savoir obligatoire ou non, verbale ou non verbale, sur une échelle graduée ou linéaire, etc (voir table *type_question*, Annexe C). Il choisit ensuite l'intitulé de la question, le nombre de réponses possibles et l'intitulé des réponses (voir table *choix_reponse*, Annexe C).

Lors de la création d'un questionnaire le chef de projet sélectionne parmi toutes les questions existantes celles qu'il juge pertinentes pour son questionnaire (voir table *question_selectionnee*, Annexe C). Il peut soit définir l'ordre des questions, soit choisir que les questions apparaîtront aléatoirement selon le volontaire. Certaines questions devront peut-être apparaître avant d'autres questions dans le questionnaire. Des questions devront peut-être se suivre et être consécutives dans le questionnaire. Dans le cas où l'ordre est prédéfini par le chef de projet cela ne pose pas de problème. Cependant, dans le cas où l'ordre est aléatoire, le chef de projet doit spécifier l'ordre de présentation des questions (de préférence et de succession).

Une fois qu'il a choisi toutes les questions qui composent le questionnaire, le chef de projet choisit les prétraitements (voir table *pre_traitement*, Annexe C) à effectuer sur le questionnaire.

Pour créer un prétraitement, le chef de projet choisit la fonction (voir table *fonction*, Annexe C) à appliquer (somme, produit, moyenne, etc) et les questions sur lesquelles appliquer cette fonction (voir table *parametre_pre_traitement*, Annexe C). Par exemple, il pourra faire le prétraitement : somme des réponses 3, 4 et 5 du questionnaire qu'il vient de créer.

Ces prétraitements pourront être faits sur les questionnaires de l'ensemble des volontaires (famille contenant tous les volontaires du projet) du projet ou sur les questionnaires des membres d'une famille (voir table *membre_famille*, Annexe C) définie par le chef de projet (voir flèche 8).

Une fois le questionnaire créé (voir table *questionnaire*, Annexe C), tous les chefs de projet pourront y avoir accès et le sélectionner pour leur projet (voir flèche 1). Lors de la sélection d'un questionnaire, le chef de projet devra spécifier, pour chaque volontaire, la date et l'heure à laquelle il devra le recevoir et le renvoyer (voir table *questionnaire_selectionnee*, Annexe C).

Lorsqu'un volontaire reçoit le questionnaire (voir flèche 2) et décide de le compléter, les questions apparaissent une par une à l'écran. Au fur et à mesure qu'il remplit le questionnaire, ses réponses sont enregistrées (voir flèche 3). Les réponses étant enregistrées dans l'ordre d'apparition, les chercheurs connaîtront l'ordre des questions même lorsque l'ordre est aléatoire (voir table *questionnaire_complete*, Annexe C).

Lorsqu'ils remplissent les questionnaires les volontaires inclus sont filmés. Des fichiers issus des Webcams seront enregistrés dans l'application (voir flèche 3).

Le prétraitement (voir table *questionnaire_pre_traite*, Annexe C) se fait automatiquement dès le renvoi des questionnaires (voir flèche 4).

Tous ces questionnaires, leurs réponses et prétraitement sont enregistrés en base de données. Il sera possible pour le chef de projet de les exporter sous Excel, afin qu'ils puissent être traités par SAS (voir flèche 5). L'analyse statistique issue de SAS pourra être partagée par les chercheurs via

l'application (voir flèche 6). Les chercheurs pourront alors les analyser et rédiger des comptes-rendus (voir flèche 7).

d. Fichiers résultats

Cette partie rassemble l'ensemble des fichiers partagés par les chercheurs. Il peut s'agir :

- des fichiers issus des capteurs et envoyés par les volontaires inclus et/ou chercheurs
- des fichiers générés par Finder2E
- des statistiques calculées à partir des questionnaires
- des comptes-rendus, analyses ou rapport rédigés par les chercheurs

Chaque fichier (voir table **upload_fichier**, Annexe C) ou article (voir table **article**, Annexe C) publié aura un auteur, une date de publication et un niveau de confidentialité déterminant à qui s'adresse le document. En base de données, sera également enregistré pour les fichiers le chemin pour y accéder et pour les articles le contenu de l'article.

e. Planning

Le terme planning regroupe le planning d'activité du volontaire, les rendez-vous pris entre les volontaires et les chercheurs, et les rappels qui seront faits aux volontaires inclus et au chef de projet (voir figure 35).

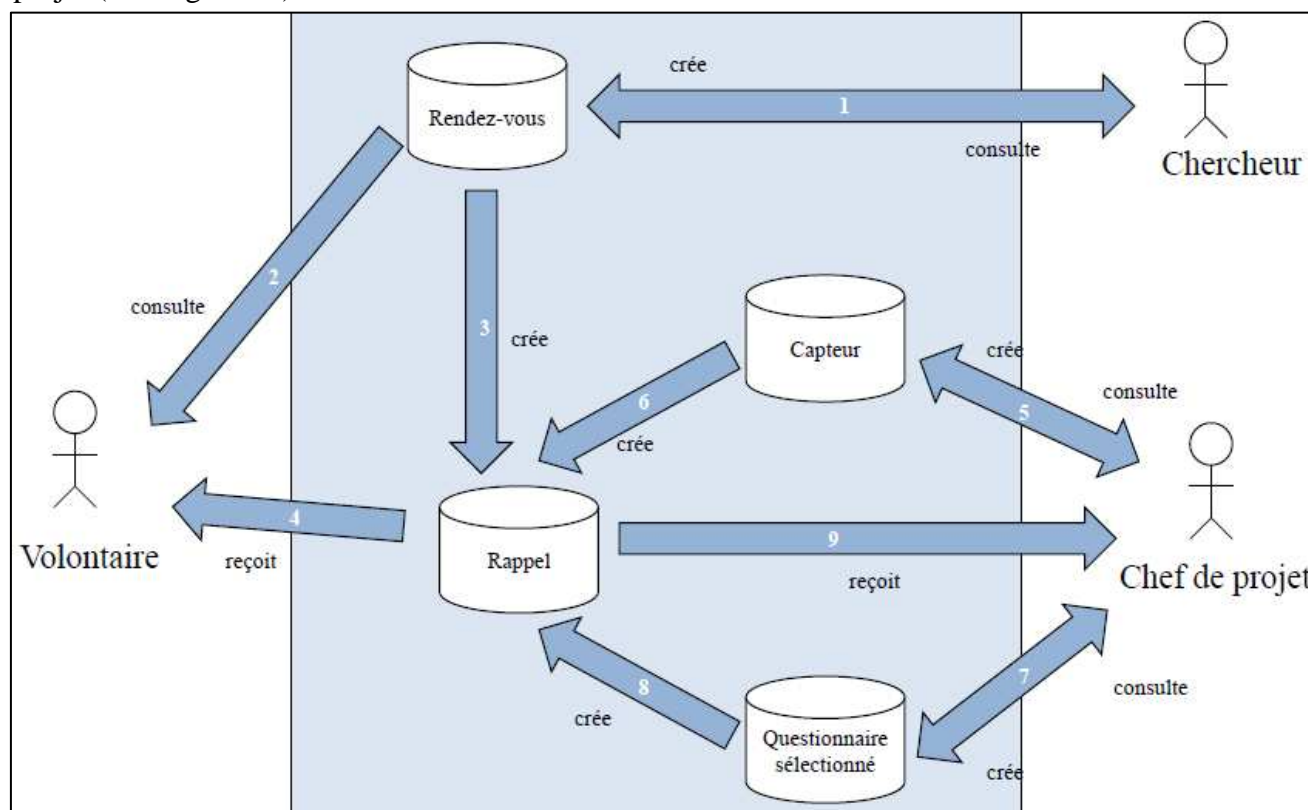


Figure 35 : Fonctionnement de la partie Planning

Au début de l'étude, le chef de projet définit le planning d'activité de chaque volontaire (voir tables **planning_activite** et **activite**, Annexe C).

Les chercheurs et les volontaires inclus définissent, quant à eux, leur planning de rendez-vous. Le chercheur enregistre alors tous les rendez-vous qui ont été pris (voir flèche 1). Ils pourront, durant l'étude consulter leur liste de rendez-vous (voir flèche 2) et éventuellement les modifier.

L'équipe CHLEO voulait que des rappels automatiques soient faits pour rappeler aux volontaires inclus qu'ils ont rendez-vous, qu'ils doivent envoyer des questionnaires, ou qu'ils doivent

envoyer leurs fichiers issus des capteurs. Ainsi, lorsque le chercheur enregistre un rendez-vous, un rappel de type « rendez-vous » est créé dans la table rappel (voir flèche 3). A la date prévue un mail sera envoyé au volontaire inclus concerné par le rappel (voir flèche 4). Lorsque le chef de projet enregistre en base de données le prêt d'un capteur, il spécifie la date à laquelle il souhaite que le volontaire renvoie les capteurs et/ou les fichiers (voir flèche 5). Un rappel de type « envoi de fichiers » et/ou de type « envoi de capteurs » sera créé dans la table rappel (voir flèche 6). A la date prévue un mail sera envoyé au volontaire inclus concerné par le rappel (voir flèche 4). Lorsque le chef de projet, sélectionne un questionnaire pour un projet, il choisit pour chaque volontaire, la date à laquelle il devra le renvoyer (voir flèche 7). Un rappel de type « questionnaire » est créé dans la table rappel (voir flèche 8). A la date prévue un mail sera envoyé au volontaire inclus concerné par le rappel (voir flèche 4).

Au-delà d'un certain délai, fixé par le chef de projet, celui-ci reçoit également un rappel si le volontaire inclus n'a pas renvoyé les fichiers issus des capteurs, les capteurs et/ou les questionnaires (voir flèche 9). Le chef de projet devra alors appeler par téléphone le volontaire inclus. Ces rappels constituent un autre type de rappel (en réaction à un retard ou à un oubli).

CONCLUSION

Un des objectifs de l'équipe CHLEO est d'établir un modèle de prédiction de la dépense énergétique. Pour cela, ils ont eu besoin de nombreux volontaires suivant un protocole précis. Les données de sortie qui en résultent, sont traitées par Finder2E qui est un logiciel d'aide à la prédiction de la dépense énergétique. Son développement a commencé lors d'un projet puis s'est poursuivi lors d'un stage. Lorsque nous avons repris ce projet, le logiciel était fonctionnel. Il a contribué à faciliter les traitements statistiques des fichiers issus des capteurs (ActiHeart, ArmBand et chambre calorimétrique). L'étape suivante a donc été de réfléchir à l'automatisation d'un projet dans son ensemble. C'est la finalité du service Web ActivCollector.

Avant cela, nous avons rédigé des documents autour de Finder2E. Ces documents ont pour but de faciliter son utilisation ainsi que la reprise de son développement. En effet, se familiariser au code de Finder2E a été la principale difficulté que nous avons rencontrée. Nous avons donc ensuite continué à travailler sur Finder2E en améliorant l'existant et en ajoutant de nouvelles fonctionnalités. Cependant, des améliorations sont toujours possibles. C'est pourquoi nous avons rédigé un document retraçant les corrections apportées et ce qu'il reste à réaliser.

En parallèle, nous avons commencé à réfléchir à l'établissement d'un service Web qui doit automatiser les tâches d'un projet et surtout simplifier la communication entre les chercheurs et les volontaires pendant une étude. Au fil des discussions lors des réunions, nous avons établi un cahier des charges ainsi qu'un modèle entité-association. Ces outils seront nécessaires pour le développement ultérieur du service Web. Le but de notre projet a été d'avancer autant que possible tout en pensant à faciliter la succession de ce grand projet constitué de Finder2E et d'ActivCollector. Nos objectifs ont été atteints et nous avons parfois réalisé davantage de tâches que ce que nous avions planifié.

Notre projet s'arrête en mars 2011 et la suite consistera à améliorer Finder2E et surtout à développer le service Web d'après le cahier des charges et le modèle entité-association que nous avons rédigés.

TABLE DES FIGURES

<i>Figure 1 : Principe de l'étude</i>	10
<i>Figure 2 : Capteur ActiHeart</i>	10
<i>Figure 3 : Capteur ArmBand</i>	10
<i>Figure 4 : Diagramme SADT A0 de Finder2E</i>	16
<i>Figure 5 : Page d'accueil de Finder2E</i>	17
<i>Figure 7 : Traitement des données dans Finder2E</i>	18
<i>Figure 6 : Eléments d'un projet</i>	10
<i>Figure 8 : Calculs faits par Finder2E</i>	19
<i>Figure 9 : Arborescence d'un projet</i>	19
<i>Figure 10 : Caractéristiques d'une famille</i>	20
<i>Figure 11 : Création d'une famille dans Finder2E</i>	20
<i>Figure 12 : Calculs statistiques pour une famille de Finder2E</i>	21
<i>Figure 13 : Test d'une fonction de prédiction dans Finder2E</i>	22
<i>Figure 14 : Arborescence d'une famille</i>	22
<i>Figure 15 : Diagramme SADT d'un sous-niveau du niveau A1.1.2</i>	10
<i>Figure 16 : Diagramme SADT représentant la standardisation des fichiers</i>	10
<i>Figure 17 : Exemple de fichier Excel Calcul_famille généré à la création d'une famille</i>	10
<i>Figure 18 : Représentation d'un graphique en début de projet (version 2.0)</i>	10
<i>Figure 19 : Graphique représentant la dépense énergétique de volontaires au cours du temps (v3.0)</i>	10
<i>Figure 20 : Graphique « classique » dans la version 3.0 de Finder2E</i>	10
<i>Figure 21 : Page de création d'une famille</i>	10
<i>Figure 22 : Résumé des résultats issus du calcul du CCR à partir des fichiers ActiHeart</i>	10
<i>Figure 23 : Page d'accueil de Finder2E 2.0</i>	10
<i>Figure 24 : Page d'accueil de Finder2E 3.0</i>	10
<i>Figure 25 : Barre de menus de Finder2E</i>	10
<i>Figure 26 : Fenêtre de confirmation de fermeture de Finder2E</i>	10
<i>Figure 27 : Exemples d'icônes et de raccourcis clavier attachés à des menus</i>	10
<i>Figure 28 : Info-bulle expliquant à quoi sert le bouton « Suivant »</i>	10
<i>Figure 29 : Changement de statut des participants</i>	10
<i>Figure 30 : Composition de l'étude</i>	10
<i>Figure 31 : Rôle de l'administrateur</i>	10
<i>Figure 32 : Schéma général d'ActivCollector</i>	47
<i>Figure 33 : Fonctionnement de la partie Finder2E</i>	10
<i>Figure 34 : Fonctionnement de la partie Questionnaires</i>	10
<i>Figure 35 : Fonctionnement de la partie Planning</i>	10

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] KAMECHE N., ROUX G Cahier des charges d'ActivCollector
mars 2011
- [2] KAMECHE N., ROUX G Présentation de Finder2E (Finder of Energy Expenditure)
décembre 2010
- [3] KAMECHE N., ROUX G Description fonctionnelle de Finder2E - Méthode SADT
décembre 2010
- [4] KAMECHE N., ROUX G Présentation des licences des bibliothèques utilisées par
Finder2E
novembre 2010
- [5] LASNES M. Prédiction de la dépense énergétique Finder2E (Finder of
Energy Expenditure)
Rapport de stage réalisé en 2010.

WEBOGRAPHIE

Sites Web consultés :

- dans la correction des bogues et de l'ajout de nouvelles fonctionnalités :

<http://www.jfree.org/jfreechart/api/javadoc/index.html>

<http://jexcelapi.sourceforge.net/resources/javadocs/current/docs/>

- dans la rédaction du document sur les licences :

<http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>

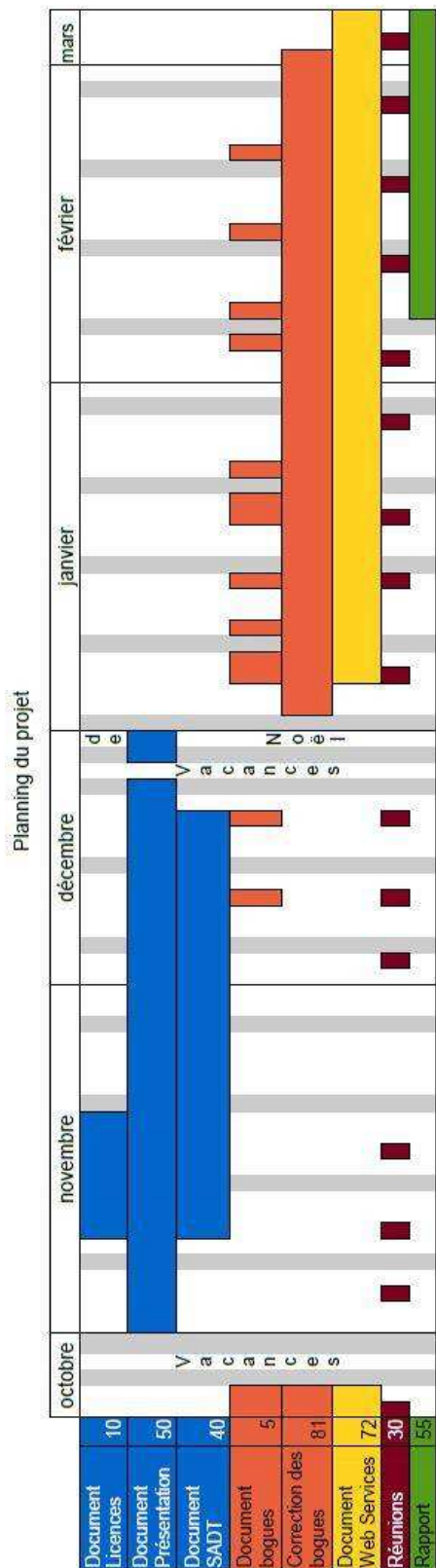
<http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html>

<http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>

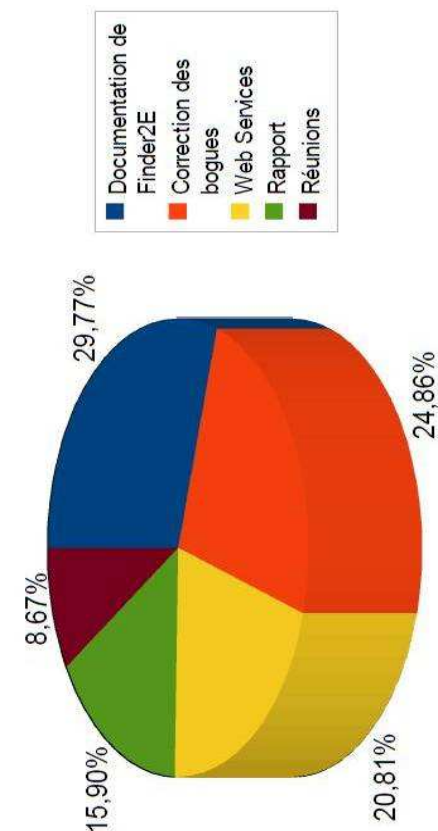
Annexe A : Statistiques autour de la correction des bogues et ajout de fonctionnalités

Corrections	
Nombre total répertorié	43
Nombre de bogues corrigés et de fonctionnalités réalisées	39
Nombre de bogues corrigés et de fonctionnalités réalisées (en pourcentage)	90,70%
Moyenne de la gravité des bogues (1=facile; 9=irréalisable dans le temps imparti)	3,86
Nombre de corrections « texte »	4
Nombre de corrections « cosmétique »	4
Nombre de corrections « bogues »	17
Dont corrections mineures	8
Dont corrections majeures	9
Nombre de nouvelles fonctionnalités	14
Temps passé sur les corrections	81h
Temps moyen passé sur chaque correction	2h05min

Annexe B : Planning d'activités du projet et répartition du temps de travail par partie



Répartition du temps de travail pendant le projet











Le planning d'activité ci-dessus décrit le travail que nous avons effectué. Ainsi, nous avons passé 30% du projet à réaliser la documentation, 25% à l'amélioration de Finder2E, 21% à l'élaboration du cahier des charges et le modèle entité-association du service Web. Enfin, 16% du temps a été consacré à la rédaction de ce rapport et 9% aux réunions.

Annexe C : Modèle Entité-Association d'ActivCollector

Nous avons modélisé la base de données sur laquelle reposera ActivCollector. La plupart des tables ont été décrites dans le rapport, les autres sont expliquées dans le cahier des charges [1].

Nous avons réalisé le modèle entité-association avec le logiciel MySQL Workbench (version 5.2). Ce logiciel permet aux administrateurs, aux développeurs ou aux architectes de base de données de concevoir, de générer et de gérer visuellement des bases de données. En effet, MySQL Workbench simplifie leur conception et leur maintenance puisqu'il autorise la création de bases de données bâties sur des modèles entité-association, ce qui représente la méthodologie la plus efficace pour créer des bases de données valides et performantes tout en accompagnant l'évolution des besoins du laboratoire. Tous les objets peuvent être modélisés et gérés au sein de MySQL Workbench.

Afin de comprendre le modèle suivant, voici la légende du modèle :

	: table
	: clé primaire
	: clé étrangère
	: clé étrangère pouvant être nulle
	: attribut
	: attribut pouvant être nul
	: relation 1,1
	: relation 1,n

Pour une meilleure lisibilité, nous avons séparé le modèle entité-association en deux. La table *volontaire* fait le lien entre les deux schémas.

