

Travail de bachelor 2008

Filière Informatique de gestion

Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits de grande consommation (GreenT)



Etudiant : Damien Zufferey

Professeur : Jean Hennebert

Préface

Dans le cadre de ma formation en informatique de gestion, la dernière étape consiste en la réalisation d'un projet afin d'obtenir le bachelor.

Ce travail s'inscrit dans la tendance de l'écologie en proposant un prototype d'une solution permettant via un téléphone mobile, la visualisation de bilans énergétiques liés au transport, grâce aux code-barres accompagnant les produits de consommation.

L'application se base sur l'intégration, la configuration et la programmation d'outils existants comme un système de gestion de bases de données, une interface graphique pour téléphones mobiles, un serveur de services web, des technologies de géolocalisation et de calcul de distances.

Ce travail de bachelor s'insère dans le cadre du projet Ra&D RCSO GREEN-T de l'institut d'informatique de gestion de la HES-SO Valais.

Vous avez entre vos mains le rapport final de cette expérience qui vous fera part des problèmes et solutions de ces technologies appliquées au domaine de l'écologie.

Table des matières

1 INTRODUCTION.....	4
1.1 Le développement de l'écologie.....	4
1.2 Les objectifs.....	4
2 GESTION DE PROJET.....	5
2.1 L'organisation.....	5
2.2 La planification initiale.....	5
2.3 Le suivi et les heures.....	8
3 DÉVELOPPEMENT.....	10
3.1 Les écobilans.....	10
La méthode Life-cycle Assessment.....	10
La méthode utilisée.....	11
3.2 Le calcul de distances.....	11
Le calcul de distances via une orthodromie.....	12
Le calcul de distances via Google Maps Itinerary.....	12
3.3 Le client mobile.....	12
Les différentes plate-formes.....	12
Les cas d'utilisation et fonctionnalités.....	14
L'architecture utilisée.....	22
Les tests.....	24
Une introduction au système GS1.....	24
3.4 Le serveur.....	26
L'architecture utilisée.....	26
Les services exposés.....	27
La persistance des données.....	29
Les tests.....	31
4 EVALUATION.....	32
5 CONCLUSION.....	34
6 RÉFÉRENCES.....	35
7 ANNEXES.....	37
7.1 Le décompte des heures hebdomadaires.....	37
7.2 Le cahier des charges.....	51
7.3 La modélisation de la base de données.....	57

1 Introduction

1.1 Le développement de l'écologie

Ces dernières années, on a vu un certain engouement pour les principes écologiques dominés par le développement durable et les énergies renouvelables. Ces avancés ont certainement eu lieu du fait de la croissance des coûts de l'électricité et des carburants fossiles. De plus, on assiste dans la plupart des pays à une législation en faveur des principes écologiques.

Ce travail de bachelor s'inscrit dans ce domaine en proposant à l'utilisateur un bilan énergétique pour le transport des produits de consommation. Le client aura alors toutes les informations nécessaires pour faire ses choix.

1.2 Les objectifs

Le but de ce projet est la mise en place d'un prototype permettant à un utilisateur via son téléphone mobile de récupérer un bilan énergétique pour un produit donné.

Le développement de cette application va permettre d'accomplir les objectifs suivants :

- compréhension des méthodologies de type Life-cycle Assessment pour le calcul de bilans énergétiques
- design d'une ou plusieurs méthodologies de calcul de bilans énergétiques
- implémentation du calcul de bilan dans une architecture de type serveur web
- implémentation du client sur téléphone mobile
- ressortir les problèmes d'ordre technique ou organisationnel des technologies utilisées au domaine de l'écologie.

2 Gestion de projet

2.1 L'organisation

Ce travail de bachelor a été proposé par le professeur Jean Hennebert. Il s'insère dans le cadre du projet Ra&D RCSO GREEN-T.

Autant que possible, un meeting a lieu environ une fois par semaine avec le professeur responsable ainsi que Simon Martin, assistant à l'institut d'informatique de gestion. Cette réunion a pour objectif de suivre l'avancement du projet et de discuter des éventuels problèmes afin de trouver des solutions alternatives.

2.2 La planification initiale

Durant les 2 premières semaines de mon travail, j'ai établi un cahier des charges des fonctionnalités à développer ainsi qu'un découpage du projet et une planification initiale.

Les fonctionnalités seront décrites au chapitre 3 « Développement ».

Le travail se déroule sur une durée de 10 semaines dont les 4 premières sont à temps partiel et les 6 autres à plein temps pour une durée totale de 360 heures.

En annexe se trouve le cahier des charges établi durant les 2 premières semaines.

Ci-dessous le tableau de la planification initiale.

HES-SO / VALAIS Travail de bachelier		GREEN-T Planning initial																					
Activités	Plan	19/ mai 08		26/ mai 08		2/ juin 08		9/ juin 08		16/ juin 08		23/ juin 08		30/ juin 08		7/ juillet 08		14/ juillet 08		21/ juillet 08		28/ juillet 08	
		L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M	L	M
Gestion de projet (Planning)	TP 10 TE -10																						
Séance de projet avec J. Hennebert + S. Martin	TP 15 TE -15																						
Introduction au projet (séance d'information)	TP 2 TE -2																						
Lecture règlements et autres documents	TP 4 TE -4																						
Lecture documentation GREEN-T	TP 6 TE -6																						
Réflexion cahier des charges	TP 4 TE -4																						
Rédaction cahier des charges	TP 5 TE -5																						
Planification initiale du projet	TP 4 TE -4																						
Recherche Calcul de biens environnementales	TP 46 TE -46																						
Evaluation plate-forme mobile (Symbian, J2ME, Android)	TP 20 TE -20																						
Géolocalisation / calcul distance (API Google maps, ...)	TP 20 TE -20																						
Modélisation application serveur	TP 20 TE -20																						
Implémentation application serveur	TP 50 TE -50																						
Test application serveur	TP 20 TE -20																						
Modélisation application mobile	TP 20 TE -20																						
Implémentation application mobile	TP 50 TE -50																						
Test application mobile	TP 20 TE -20																						
Résumé du projet (2 pages A4)	TP 4 TE -4																						
Dossier final CD	TP 40 TE -40																						

Etudiant: D. Zufferey
Professeur: J. Hennebert

Voici une description des activités du projet :

- **Gestion de projet :**
Une fois le projet en route, principalement le suivi
- **Séance de projet :**
Suivi hebdomadaire avec le professeur responsable
- **Introduction au projet :**
Séance d'introduction pour le travail de bachelor
- **Lecture règlements et autres documents :**
Prendre connaissance des différents documents régissant le travail de bachelor
- **Lecture documentation GREEN-T :**
Prendre connaissance de la documentation relative au projet Ra&D RCSO GREEN-T
- **Réflexion cahier des charges :**
Réfléchir aux éléments à incorporer au cahier des charges
- **Rédaction cahier des charges :**
Mettre sur papier le cahier des charges et le faire valider
- **Planification initiale du projet :**
Découper le projet en tâches et estimer la charge de travail
- **Recherche calcul de bilans environnementales :**
Se documenter sur la façon d'effectuer ces calculs pour par la suite implémenter le serveur de services web
- **Évaluation des plate-formes mobiles :**
Évaluer les fonctionnalités des différentes plate-formes de développement pour téléphones mobiles
- **Géolocalisation / calcul de distances :**
Recherche sur les technologies de géolocalisation, de cartographie et de calcul de distances
- **Modélisation application serveur :**
Modélisation de la couche données et design de l'architecture de l'application serveur
- **Implémentation application serveur :**
Développement de de la couche données et des services web

- **Test application serveur :**
Mettre en place une procédure de test pour s'assurer du bon fonctionnement de l'application serveur
- **Modélisation application mobile :**
Design de l'architecture de l'application mobile
- **Implémentation application mobile :**
Développement de l'application mobile
- **Test application mobile :**
Mettre en place une procédure de test pour s'assurer du bon fonctionnement de l'application mobile
- **Rapport final:**
Rédaction du rapport final

2.3 Le suivi et les heures

Les objectifs définis dans le cahier des charges ont été atteints.

Il n'y a pas eu de gros problèmes et la planification a été bien suivie.

Il y a quelques tâches qui ont pris moins de temps que prévu et quelques unes un peu plus de temps.

J'ai réalisé ce travail de bachelor sur une durée de 386 heures par rapport à une durée de 360 heures initialement prévue. Les heures en plus proviennent de la semaine du 16 juin qui était consacrée aux examens de modules et elle n'était pas planifiée dans mon planning. Ces heures en plus ont permis d'améliorer le travail en général et de passer plus de temps, notamment sur la méthode de calcul de distances via l'orthodromie décrite au chapitre 3.2 « Le calcul de distances ».

En annexe se trouvent tous les rapports hebdomadaires des heures.

Ci-dessous le détail du suivi du projet.

3 Développement

3.1 Les écobilans

La méthode Life-cycle Assessment

L'analyse du cycle de vie ou écobilan (Life-cycle Assessment en anglais) est une méthode qui permet d'évaluer les impacts environnementaux d'un produit, d'un service ou d'un procédé. Cette analyse se base sur les notions de développement durable. Il s'agit d'une analyse sur le cycle de vie du produit, c'est à dire de l'extraction des matières premières jusqu'à son traitement en fin de vie. L'objectif de cette méthode vise à réduire l'utilisation des ressources et les impacts environnementaux.

L'ISO a standardisé ce processus dans la suite de normes ISO 14040. En effet, il s'agit d'une suite d'étapes standardisées ainsi que l'utilisation d'un modèle de transformations mathématiques permettant de transformer des flux en impacts environnementaux potentiels.

Malgré le nom de cette méthode, il faut souligner que c'est la fonction du produit qui est étudiée et non seulement que le produit lui-même.

L'analyse du cycle de vie est un processus itératif complexe constitué de 4 étapes principales. Le processus est itératif car chaque étape peut amener à revoir les précédentes.

Voici la description des étapes :

- **Objectifs et champs de l'étude (ISO 14041)**
 - le public cible et la raison de l'étude
 - la fonction (ex. *protéger et colorer un mur*)
 - l'unité fonctionnelle
 - les paramètres clés
 - le flux de référence
 - les frontières du système
- **Inventaire et analyse de l'inventaire (ISO 14041)**
 - inventorier tous les flux à l'intérieur et à l'extérieur du système à l'étude

- **Evaluation de l'impact (ISO 14042)**
 - transformer un inventaire de flux en une série d'impacts clairement identifiables
- **Interprétation des résultats (ISO 14043)**
 - analyser les résultats
 - établir des conclusions
 - expliquer les limites de l'analyse réalisée

Cette courte introduction à la méthode Life-cycle Assessment a été rédigée à l'aide de l'article « Analyse du cycle de vie » de l'encyclopédie en ligne Wikipedia.

http://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_du_cycle_de_vie

La méthode utilisée

Étant donné la complexité de mise en oeuvre de la méthode expliquée ci-dessus et le peu de temps à disposition, nous avons décidé de mettre en place une méthode simple en se basant seulement sur le transport.

Grâce à la collaboration avec la société Econtesys (spécialiste life cycle systems), Monsieur Yves Loerincik nous a fourni des moyennes d'émissions pour différents types de transport. Le professeur responsable Jean Hennebert et moi-même avons eu contact avec Messieurs Yves Loerincik et Damien Friot d'Econtesys à Lausanne durant le mois de mai.

Pour un produit donné, en connaissant son lieu de fabrication, ses différents intermédiaires et son lieu de vente ainsi que le moyen de transport, il est possible de calculer un bilan énergétique lié au transport.

3.2 Le calcul de distances

Chaque lieu (lieu de production, intermédiaire, lieu de vente) dans notre système est géolocalisé par les positions géographiques latitude et longitude. Afin de calculer les distances entre ces points il faut mettre en place des méthodes de calcul.

Dans le cadre de ce projet les deux méthodes suivantes ont été implémentées.

Le calcul de distances via une orthodromie

En connaissant les positions géographiques du point de départ et du point d'arrivée, c'est à dire les latitudes et longitudes, il est possible de calculer leur distance à vol d'oiseau. Cela s'appelle une orthodromie et désigne le chemin le plus court entre 2 points d'une sphère, c'est-à-dire l'arc de grand cercle qui passe par ces 2 points.

L'inconvénient est que les distances sont calculées à vol d'oiseau et ne comprennent pas les détours engendrés par les routes. Néanmoins cela permet de calculer facilement une distance sans être dépendant d'un service en ligne de cartes géographiques.

Concernant les détails mathématiques de cette méthode, il y a un excellent article « Orthodromie » sur Wikipedia.

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Orthodromie>

Le calcul de distances via Google Maps Itinerary

Google fournit un service sur le web qui permet de calculer un itinéraire entre 2 points définis par une adresse ou une position géographique. L'itinéraire ainsi calculé contient la distance en km.

Voici le lien vers le service.

<http://maps.google.ch>

3.3 Le client mobile

Le client mobile a pour objectif de lire le code-barres d'un produit, récupérer la géolocalisation de l'utilisateur et envoyer ces informations à un serveur qui traitera les données. Le client mobile reçoit ensuite un écobilan du produit lié au transport et l'affiche à l'utilisateur.

Les différentes plate-formes

Il existe sur le marché plusieurs plate-formes mobiles pour le développement d'applications.

Dans le monde Microsoft, on a la série des systèmes d'exploitation Windows Mobile conçus pour des équipements mobiles tels que les smartphones ou Pocket PC. Le développement se fait en .NET avec les outils MS Visual Studio.

Symbian est un système d'exploitation pour téléphones portables conçu par Symbian ltd et récemment racheté à

100% par Nokia. Le but de l'opération est d'en faire un produit Open Source géré par une fondation soutenue par de grandes entreprises du domaine des télécommunications. Actuellement, ce système équipe la plupart des mobiles Nokia. Le développement se fait en C/C++.

Google Android est le dernier venu des OS pour mobile. Le rachat de la start-up Android par Google a permis d'en faire un framework de développement OpenSource géré par la Open Handset Alliance. Le développement se fait en Java. Étant donné la jeunesse de ce système, il n'y a pas encore sur le marché de mobiles équipés de cette technologie.

L'iPhone est un smartphone conçu par Apple. Cet appareil révolutionnaire combine l'usage de la téléphonie, d'un assistant personnel, de fonctions multimédia et d'un terminal Internet. Apple fournit un SDK pour le développement d'applications.

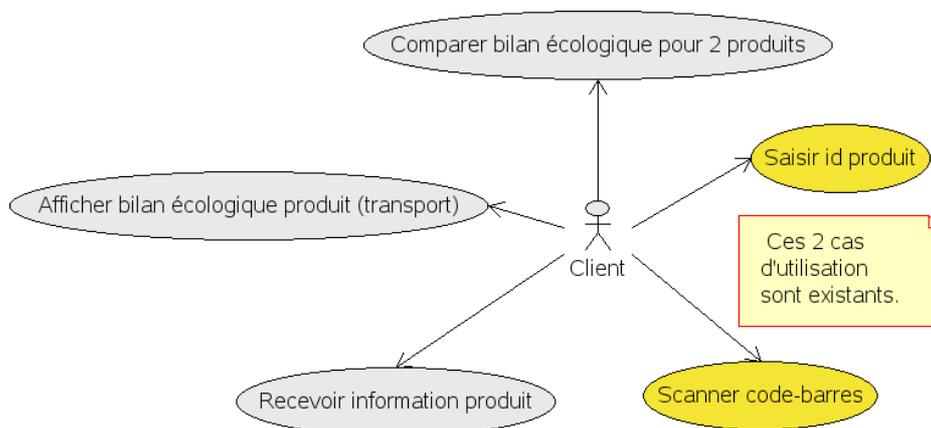
Dans le monde Java, pour les téléphones mobiles, Java ME CLDC est disponible sur la plupart des téléphones mobiles comme Nokia, Sony Ericsson, etc. C'est une technologie bien répandue et stable pour le développement d'applications mobiles sur divers modèles de téléphones.

Ce framework a été choisi pour le développement du client mobile par rapport aux éléments suivants :

- Bonne connaissance du langage Java par l'équipe de développement (l'assistant et moi)
- Existence d'un logiciel de reconnaissance de code-barres pour la plateforme Java ME (<http://batoo.sf.net>)
- Portabilité des applications Java

Les cas d'utilisation et fonctionnalités

Ci-dessous un schéma présentant les cas d'utilisation que remplit l'application mobile.



Les fonctionnalités à implémenter ont été définies dans le cahier des charges disponible en annexe.

Les deux cas d'utilisation en jaune ont été implémentés par Simon Martin, assistant à l'institut d'informatique de gestion de la HES-SO Valais. Il s'agit notamment de l'intégration de la technologie Batoo (<http://batoo.sf.net>) qui permet la reconnaissance d'un code-barres via l'utilisation de l'appareil photo du mobile.

Les autres cas d'utilisation ont été implémentés par mes soins dans le cadre du travail de bachelor. Cette application peut-être vue en trois parties :

- Recherche de la géolocalisation de l'utilisateur
- Reconnaissance du code-barres
- Calcul de l'écobilan du produit

La géolocalisation de l'utilisateur est réalisée grâce au dispositif GPS ou via une saisie manuelle de l'utilisateur. Ces informations sont ensuite envoyées au serveur pour valider le lieu de vente où se trouve l'utilisateur.

Grâce à l'intégration de Batoo ou via l'utilisation du formulaire de saisie manuelle, on récupère le numéro d'identification du produit.

Une fois toutes les informations nécessaires réunies, l'application mobile contacte un service web du serveur qui retourne l'écobilan lié au transport du produit. Le résultat s'affiche sous forme d'une liste de produits contenant le nom du produit ainsi que son évaluation représentée par une étoile. Une option permet d'accéder au détail d'un produit qui fournit sa description et son émission de CO₂ liée au transport. L'utilisation d'une liste de produits permet de comparer non seulement 2 produits comme décrit dans le cas d'utilisation mais plusieurs produits.

Ci-dessous, une description des prototypes-écran réalisés lors de la phase de modélisation. Vous pouvez remarquer qu'il subsiste quelques différences avec l'interface mobile réalisée par la suite. Cela vient du fait que parfois, il est nécessaire de s'adapter à la technologie et de faire avec les contraintes techniques imposées par le matériel. C'est pourquoi, la présentation peut-être sensiblement différente suivant le mobile utilisé.

Prototype-écran « 0a_Localisation-lieux »

Localisation (lieux de vente)	
Migros, Sierre	↑ ↓
Coop, Sierre	
Denner, Sierre	
Manor, Sierre	
Valider	Menu
1 - Recherche auto 2 - Recherche manuelle 3 - Quitter	

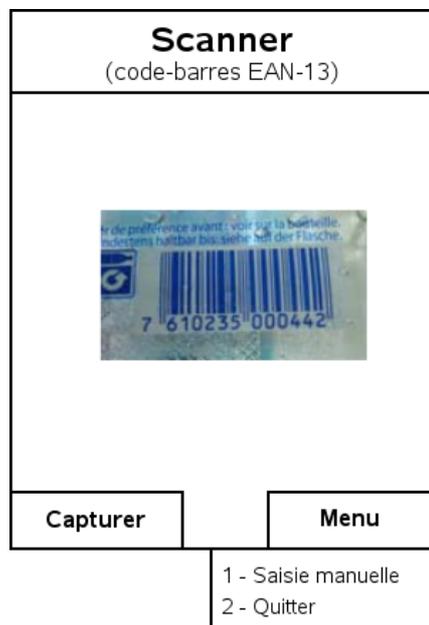
Ce formulaire permet à l'utilisateur de valider dans quel magasin il se situe. La liste peut présenter plusieurs établissements à l'utilisateur si la recherche par GPS ne parvient pas à localiser précisément le lieu de vente concerné ou bien si une recherche manuelle a été faite.

Prototype-écran « Ob_Localisation-recherche »

Localisation (recherche)	
Lieu	
<input type="text"/>	
Nom du commerce	
<input type="text"/>	
Valider	Annuler

Lors d'une recherche manuelle lorsque que la géolocalisation par GPS n'est pas disponible. Une recherche est effectuée sur le lieu et le nom du commerce

Ex : Lieu = Sierre / Nom du commerce = Migros

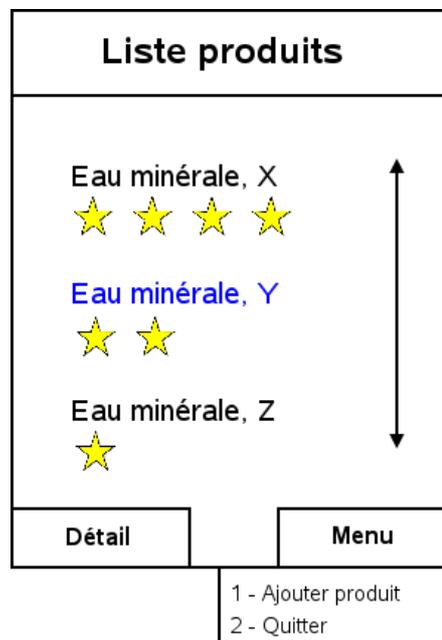
Prototype-écran « 1a_CodeBarres-scanner »

Intégration de Batoos permettant la reconnaissance d'un code-barres grâce à l'utilisation de la caméra du mobile.

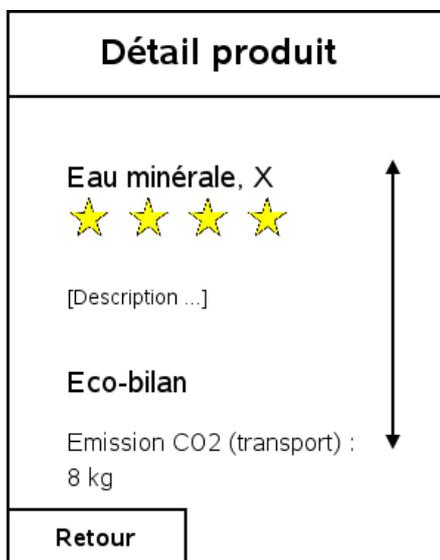
Prototype-écran « 1b_CodeBarres-manuelle »

Saisie manuelle (code-barres EAN-13)	
N° code-barres EAN-13 <input type="text"/>	
Valider	Menu
1 - Scanner 2 - Quitter	

Pour un mobile ne disposant pas d'appareil photo compatible, il est possible de saisir manuellement le numéro d'identification du produit.

Prototype-écran « 2a_Produits-liste »

Finalement le résultat pour chaque produit ajouté s'affiche sous forme d'une liste contenant le nom du produit ainsi qu'une évaluation sous forme d'étoiles.

Prototype-écran « 2b_Produits-detail »

Pour chaque produit, on peut afficher le détail qui comprend la description et l'émission de CO₂ liée au transport.

L'architecture utilisée

L'application mobile est développée en java avec les outils NetBeans.

La technologie utilisée est Java ME avec la configuration CLDC (Connected Limited Device Configuration) et MIDP (Mobile Information Device Profile).

Java ME ou J2ME est le framework java spécialisé dans les applications mobiles, il comprend beaucoup moins de fonctionnalités que la version standard de Java et il est affaibli par la fragmentation due aux caractéristiques différentes des modèles de téléphones mobiles.

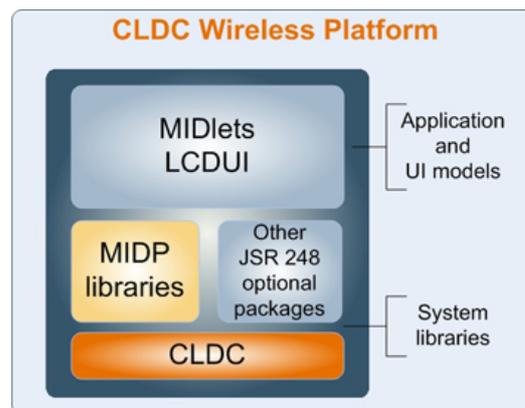
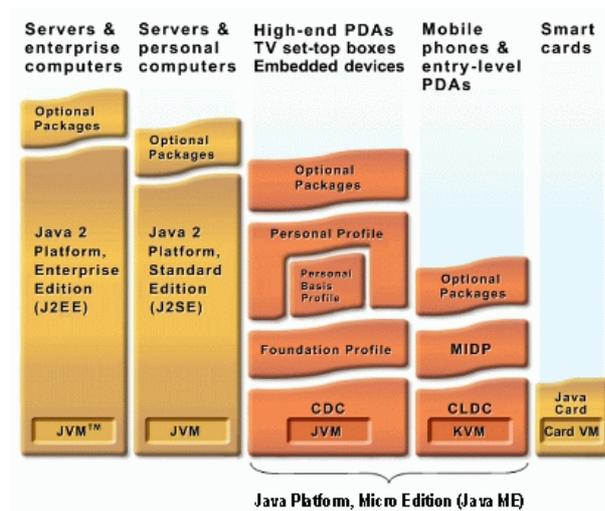
CLDC contient un sous-ensemble de bibliothèques Java à implémenter pour un équipement afin que la machine virtuelle Java puisse fonctionner. CDC par rapport à CLDC contient plus de fonctionnalités mais demande du matériel plus performant.

MIDP est un ensemble d'API mis en place pour les téléphones portables. Son but est de définir un ensemble de fonctions pour manipuler l'interface de ces téléphones. Les applications développées selon cette norme s'appelle des MIDlets.

D'autres normes ont été utilisées comme par exemple les :

- JSR 172 pour les services web
- JSR 179 pour les services de géolocalisation (GPS)

Ci-dessous deux schémas tirés du site web de Sun résumant les technologies Java.



Source :

<http://java.sun.com/javame/technology/>

Les tests

Pour assurer le bon fonctionnement de l'application mobile, des tests ont été effectués. Dans le cadre de ces tests, seul le code propre au client mobile a été testé. Les éléments à tester sont l'interface graphique, l'accès au web services et la géolocalisation et l'intégration du système Batoo.

L'application a été testée avec l'émulateur de NetBeans et sur un Nokia N95. La disponibilité de données fictives par rapport à des magasins, des intermédiaires, des lieux de production et des produits a permis de procéder à des tests permettant de démontrer le bon fonctionnement du système. Grâce à un système de logging embarqué au sein de l'application, il est possible de suivre tout le traitement effectué par le programme et de déceler des bugs.

Une introduction au système GS1

Comme vous avez pu le remarquer, l'application manipule des code-barres EAN-13, il me semble important de faire une explication de ce système.

GS1 est un organisme mondiale dont le but est d'établir des standards et des solutions pour l'échange de biens de consommation à travers le monde. Leurs standards et solutions ont un impact sur toute la chaine de distribution, c'est-à-dire du producteur au consommateur.

Ce standard contient trois sous-standards :

- l'identification d'adresse (GLN = Global Location Number)
- le numéro d'article international (GTIN = Global Trade Item Number)
- l'identification pour des unités logistiques (SSCC = Serial Shipping Container Code)

Nous allons seulement nous intéresser à GTIN car il intervient dans nos code-barres EAN-13.

Avant de pouvoir former ses GTIN, il faut acquérir auprès de GS1 Suisse un numéro de participant au système GS1 (GCP ou Global Company Prefix). Ce numéro va nous permettre de constituer 1'000 numéros GTIN. Cette ensemble de numéros sera utilisé pour identifier nos produits.

Ci-dessous une illustration pour comprendre comment est formé un numéro GTIN.



Source :

<http://www.gs1.ch>

Légende :

1. préfixe d'entreprise à 9 chiffres (GCP), constitué du préfixe 76 qui correspond à GS1 Suisse
2. numéro de référence à 3 chiffres, disponible pour la génération de numéros par le propriétaire pour ses produits
3. chiffre de contrôle, est calculé selon un algorithme fixe, sert à vérifier la conception correcte du numéro

Maintenant que l'on sait identifier nos produits, il faut le représenter sous forme de code-barres pour des raisons pratiques. Pour ce faire, on utilise la norme de code-barres EAN-13 qui nous permet de codifier les 13 chiffres du GTIN.



Source :

http://fr.wikipedia.org/wiki/EAN_13

Pour plus d'information sur le système GS1, veuillez consulter le site web du GS1 Suisse :

<http://www.gs1.ch/>

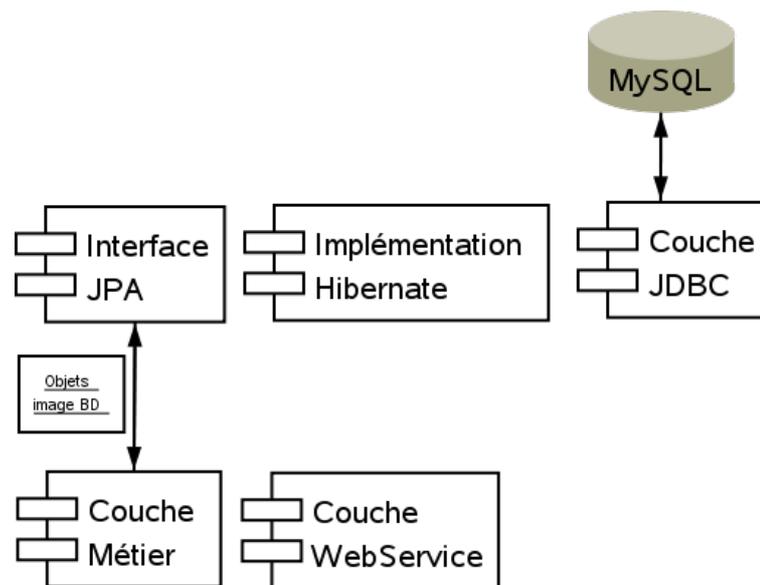
3.4 Le serveur

Cette application a pour but de fournir les services de calcul environnemental pour le client mobile.

L'architecture utilisée

Le composant serveur est une application développée en Java avec les outils Eclipse. L'application Java est déployée dans le conteneur de servlet Tomcat. Les services web sont déployés à l'aide d'Axis. La persistance des données est réalisée avec le SGBDR MySQL (InnoDB). Un moteur de persistance Hibernate a été utilisé pour le mapping objet-relationnel. C'est l'implémentation Hibernate selon la norme JPA qui est utilisée ce qui permet de changer de moteur de persistance sans modifier le code.

Ci-dessous un schéma de l'architecture mise en place.



Les services exposés

L'application serveur fournit trois services pour le client mobile dont voici les définitions :

```
public Store[] findStoresByLocation(double latitude,  
                                     double longitude)
```

Ce service permet de récupérer un tableau de magasins par rapport à la position géographique (latitude, longitude) passée en argument. L'application mobile utilise ce service pour trouver des lieux de vente à proximité de la position géographique détectée par son récepteur GPS. Pour que le service soit fonctionnel, la recherche est effectuée dans un rayon de 100 mètres, valeur qui peut être modifiée au niveau de la configuration du serveur. Au cas où plusieurs magasins sont proches les uns des autres et que leur rayon se chevauche, le service retourne plusieurs résultats, c'est pourquoi un tableau est utilisé.

```
public Store[] findStoresByCityName(String city,  
                                     String name)
```

Ce service permet également de récupérer un tableau de magasins mais cette fois en se basant sur un lieu et le nom du magasin. L'application mobile utilise ce service lors d'une recherche manuelle de l'utilisateur. Ce service peut également retourner plusieurs résultats.

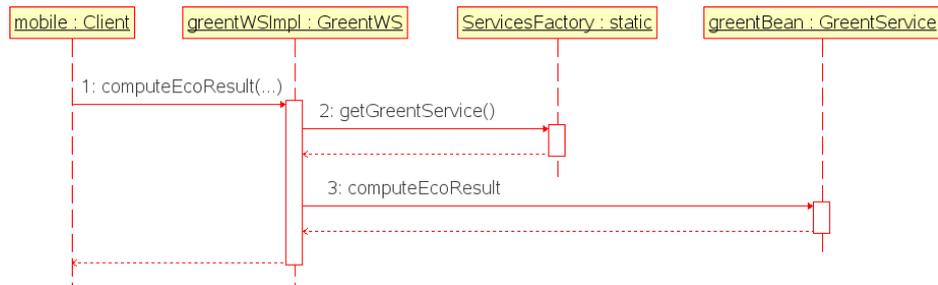
```
public EcoResult computeEcoResult(String ean13Product,  
                                   double latitude,  
                                   double longitude)
```

L'application mobile utilise ce service pour obtenir un ecobilan d'un produit. Les arguments demandés sont le numéro d'identification du produit et la position géographique du lieu de vente. L'objet retourné contient le nom du produit, la description du produit, le ranking du moins bon au meilleur (de 0 à 4) et l'émission de CO₂ liée au transport du produit.

Cette méthode utilise un service pour le calcul de distances entre deux positions géographiques, par exemple la distance entre un magasin et un grossiste. Pour cela, 2 services sont à disposition, la formule de l'orthodromie ou l'utilisation du

service Google maps. Ces techniques sont présentées au chapitre 3.2 « Le calcul de distances ». Au niveau du serveur, il est possible de paramétrer quel type de service pour le calcul de distances doit être utilisé.

Ci-dessous un diagramme de séquence montrant l'appel du service computeEcoResult.



1. Le client mobile appelle la méthode web computeEcoResult de la classe greentWSImpl, une implémentation de l'interface GreentWS.
2. Le service web cherche ensuite via la classe static ServiceFactory quelle est la classe qui implémente l'interface GreentService, il reçoit une instance de GreentBean.
3. Pour finir, il appelle la méthode computeEcoResult de la couche métier qui réalise le traitement et renvoie le résultat.

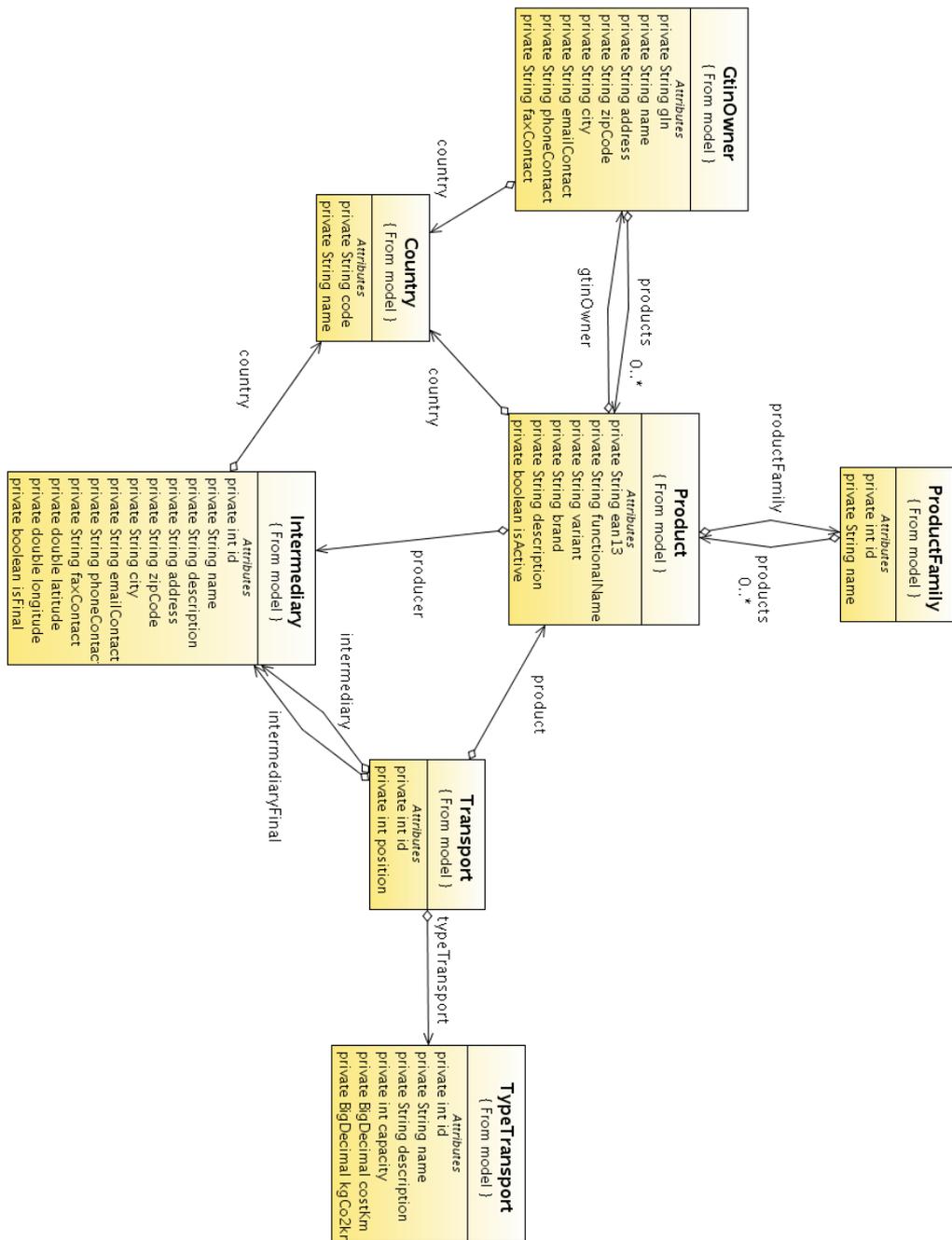
La persistance des données

Comme mentionné plus haut, la base de données utilisée est MySQL avec le moteur InnoDB. L'utilisation de ce moteur permet de gérer l'intégrité référentielle et les transactions, fonctionnalités indisponibles avec le moteur par défaut MyISAM.

En annexe se trouve un document qui définit la modélisation de la base de données. La première version de cette modélisation a été réalisée par Simon Martin et j'ai ensuite repris le modèle pour y ajouter toute la partie devant gérer le transport des produits pour le calcul de l'écobilan.

Finalement, j'ai créé la base de données et les classes Java utilisées par l'outil de mapping objet-relationnel.

Ci-dessous, le schéma UML des classes Java correspondantes à la base de données.



Les tests

Il est nécessaire de mettre en place des procédures de test pour s'assurer du bon fonctionnement de l'application serveur.

Des tests unitaires ont été implémentés avec le framework TestNG. La première série de tests sert à vérifier le bon fonctionnement de la couche DAL (Data Access Layer), les entités formant les classes de base du système. La deuxième série de tests a pour objectif de valider les méthodes des web services.

Lors de futur évolution du logiciel, certaines nouvelles fonctionnalités peuvent avoir une incidence sur le code existant et empêcher son bon fonctionnement. Grâce aux tests, il est possible d'assurer la non-régression du code.

Pour effectuer les tests, un ensemble de données fictives a été utilisées pour les produits, les lieux de production, les intermédiaires et les magasins. Les données comprennent des eaux minérales en Suisse et en Europe.

4 Evaluation

Le but de ce chapitre est d'exposer les forces et faiblesses du projet. L'évaluation est réalisée sous plusieurs angles dont les aspects organisationnels qui couvrent la gestion de projet, la collaboration et communication et les aspects plus technique qui ont attiré au développement.

Au niveau organisationnel, la mise en place d'un planning au commencement du projet et un suivi régulier des activités ont permis une bonne gestion du temps et l'atteinte des objectifs. La tenue d'un meeting hebdomadaire avec le professeur responsable a permis un suivi régulier de l'avancement du travail et la possibilité de fixer des objectifs étape par étape.

De plus, la synchronisation de mon travail de bachelor avec le projet Ra&D RCSO GREEN-T de l'institut d'informatique de gestion de la HES-SO Valais a bien fonctionné notamment grâce à la collaboration entre l'assistant Simon Martin et moi-même. Les outils de gestion des sources disponibles ont également été une aide précieuse.

L'utilisation de données fictives concernant les produits de consommation, les magasins, les intermédiaires et les producteurs ont été bien utiles pour la réalisation de l'application mais des données réelles auraient été plus intéressantes dans les cas de démonstration et surtout pour soulever d'éventuels problèmes que l'on n'aurait pas les moyens de voir à l'aide de nos scénarios contenant que des données fictives.

Les écobilans réalisés sur les produits ne prennent en compte seulement l'émission de gaz à effet de serre liée au transport. Par exemple, toutes les nuisances à l'environnement liées à leur production ou à leur destruction en fin de vie ne sont pas évaluées. Prendre en compte tout le cycle de vie du produit permettrait d'avoir une évaluation bien plus précise.

Dans un axe plus technique, l'utilisation de la technologie Java pour le développement de l'application mobile permet une portabilité théorique sur un grand ensemble de mobiles. Malheureusement, l'implémentation Java pour ces mobiles n'est pas toujours satisfaisante suivant le modèle de téléphone portable utilisé. Trop souvent, malgré l'existence des API Java, toutes les fonctionnalités offertes par tel ou tel équipement mobile ne peuvent être complètement exploitées

par une application Java. Ce problème-ci survient notamment dans l'impossibilité de piloter le dispositif de l'autofocus de l'appareil photo numérique de la plupart des téléphones mobiles bien qu'il soit présent.

De plus, les modules GPS équipant les téléphones mobiles souffrent de manque de performance au niveau de la récupération des coordonnées géographiques. Le Nokia N95 utilisé lors des tests demande environ 3 minutes pour son initialisation et cela en plein soleil à l'extérieur. Par mauvais temps lorsque le ciel est couvert il est parfois même impossible de capter du signal des satellites. Dans ce cas, il est clair qu'il est tout à fait impossible de l'utiliser à l'intérieur d'un bâtiment.

La présence de tests unitaires au niveau du composant serveur, de la qualité du code et de la documentation permet d'avoir une application solide et de qualité que l'on pourra aisément étendre pour les besoins futurs.

5 Conclusion

Ce travail de bachelor en informatique de gestion effectué dans le domaine de l'écologie a permis d'établir un prototype fonctionnel d'une application permettant d'obtenir un écobilan lié au transport pour un produit de grande consommation à l'aide de son téléphone portable.

De nos jours, on assiste à l'émergence des principes écologiques, pierre angulaire à la réalisation des défis du 21^{ème} siècle que sont la réduction des émissions CO₂, pollution de l'air participant au réchauffement de la planète mettant directement en cause le mode actuel de transport des marchandises à l'aide de moteur à carburant fossile, émettrice d'une part importante de la pollution. Le bouleversement entamé continuera certainement sa révolution durant les années à venir.

Le prototype réalisé dans le cadre de ce travail propose au consommateur final un moyen efficace et simple de faire ses choix de produits selon ses convictions en matière de développement durable.

Néanmoins, la mise en pratique de cette technologie demande un grand défi qui est l'obtention de données auprès des magasins, des intermédiaires et des producteurs.

Finalement, je tiens à remercier le professeur responsable Jean Hennebert ainsi que Simon Martin assistant à l'institut d'informatique de gestion qui m'ont suivi tout au long de ce travail de bachelor. Je tiens également à remercier Yves Loerincik de Econtesys pour ses précieuses informations concernant le calcul d'écobilans.

6 Références

Analyse du cycle de vie

Wikipedia, L'encyclopédie libre

http://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_du_cycle_de_vie

Facteurs d'émissions pour différents types de transports

Yves Loerincik, Ecointesys SA

Orthodromie

Wikipedia, L'encyclopédie libre

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Orthodromie>

DISTANCE À VOL D'OISEAU ENTRE DEUX POINTS DE LA SURFACE TERRESTRE

Christian Magnan, Collège de France, Paris, Université de Montpellier II

<http://www.lacosmo.com/ortho/ortho.html>

Système GS1

GS1 Suisse

<http://www.gs1.ch/Produktedienstleistungen/ProdukteDienstleistungen/tabid/483/Default.aspx>

EAN 13

Wikipedia, L'encyclopédie libre

http://fr.wikipedia.org/wiki/EAN_13

Persistance Java 5 par la pratique

Serge Tahé

<http://tahe.developpez.com/java/jpa/>

Expose Your POJO-Based Domain Apps as Web Services

Ramanujam A. Rao

<http://www.devx.com/Java/Article/33839/1954?pf=true>

Setting up an Eclipse JPA Project based on Java SE and using Hibernate

<http://mftltd.com/java/eclipsearticles/jpa/usinghibernate.html>

Tutorial: Build a Web Application (JSF) Using JPA

Oracle

<http://www.oracle.com/technology/products/ias/toplink/jpa/tutorials/jsf-jpa-tutorial.html#CHDIIIEHA>

JPA Tutorial 1 - Getting Started

Brett L. Schuchert

<http://schuchert.wikispaces.com/JPA+Tutorial+1+-+Getting+Started>

Tutorial Etape 2 : Utilisation de JPA dans une application Web en mode Out-of-Container

Jean-Luc Tholozan

<http://jl2tho.blogspot.com/2007/08/tutorial-2-jpa-application-web-ajax.html>

TestNG, un autre framework de tests unitaires Java

Sébastien Palud

<http://spalud.developpez.com/tutoriel/java/testng/>

Develop a location-based service application using JSR 179

IBM

<https://www6.software.ibm.com/developerworks/education/wi-mobiles/index.html>

Microsoft Windows Mobile

Wikipedia, L'encyclopédie libre

http://fr.wikipedia.org/wiki/Windows_Mobile

Symbian OS

Wikipedia, L'encyclopédie libre

http://fr.wikipedia.org/wiki/Symbian_OS

Nokia prend le contrôle de Symbian et le transforme en logiciel libre

Jérôme Bouteiller, NetEco

<http://www.neteco.com/145438-fondation-symbian-nokia.html>

Android

Wikipedia, L'encyclopédie libre

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Android>

iPhone

Wikipedia, L'encyclopédie libre

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Iphone>

Java 2 Micro Edition

Wikipedia, L'encyclopédie libre

http://fr.wikipedia.org/wiki/Java_2_Micro_Edition

Java ME Technology

Sun Developer Network (SDN)

<http://java.sun.com/javame/technology/index.jsp>

7 Annexes

7.1 Le décompte des heures hebdomadaires

***Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits
de grande consommation***

Zufferey Damien

Professeur responsable : Jean Hennebert

Semaine : *1*
(19 mai)

Décompte des heures hebdomadaires

Tâche	Heures
Gestion de projet	1.5
Séance de projet	1.5
Introduction au projet (séance d'information)	1.5
Lecture règlement et autres documents officiels	2
Lecture documentation du projet GreenT	7.5
Réflexion cahier des charges	6
TOTAL	20

***Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits
de grande consommation***

Zufferey Damien

Professeur responsable : Jean Hennebert

Semaine : 2
(26 mai)

Décompte des heures hebdomadaires

Tâche	Heures
Gestion de projet	1.5
Séance de projet	1.5
Rédaction du cahier des charges	4
Plannification initiale du projet	6
Recherche sur calcul de bilans environnementales	1
Evaluation de plates-formes mobiles	2
Recherche sur géolocalisation / calcul de distances	4
TOTAL	20

***Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits
de grande consommation***

Zufferey Damien

Professeur responsable : Jean Hennebert

Semaine : 3
(02 juin)

Décompte des heures hebdomadaires

Tâche	Heures
Gestion de projet	1.5
Séance de projet	1.5
Recherche sur calcul de bilans environnementales	8
Evaluation de plates-formes mobiles	2
Recherche sur géolocalisation / calcul de distances	7
TOTAL	20

Problèmes rencontrés / Solutions trouvées

Description du problème	Description de la solution (si trouvée...)
<p>L'établissement d'un bilan environnemental pour un produit de grande consommation est une analyse complexe qui se base sur une multitude de paramètres.</p>	<p>1° Simplifier au maximum le calcul en prenant en compte seulement l'émission de CO₂ due au transport du produit.</p> <p>2° Se baser sur une sélection d'eaux minérales Suisse comme produits à analyser.</p> <p>3° Avis d'experts en calcul de bilans environnementaux de la société Ecointesys.</p>
<p>Les API concernant les aspects de géolocalisation / maps / calcul de distances, disponibles sur Internet (Google maps, Yahoo maps, Microsoft maps, ...) ne sont pas adaptées à nos besoins :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Accès par Web/Ajax au lieu de WebserviceSoap - Calcul de distances possible seulement à „vol d'oiseau“ ou au mieux en suivant les routes. Ne prend pas en compte le calcul de distances en suivant le rail. 	<p>1° Trouver une solution en encapsulant l'appel du service (Web/Ajax) dans une solution Javascript embarquée dans Java et mise à disposition sous forme de WebserviceSoap.</p> <p>2° Utiliser l'API Google, c'est celle qui est le plus proche de nos besoins et faire le mieux possible en simplifiant les calculs (approximation).</p>

Divers

***Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits
de grande consommation***

Zufferey Damien

Professeur responsable : Jean Hennebert

Semaine : 4
(09 juin)

Décompte des heures hebdomadaires

Tâche	Heures
Gestion de projet	1.5
Séance de projet	1.5
Recherche sur calcul de bilans environnementaux	4
Recherche sur géolocalisation / calcul de distances	3
TOTAL	10

***Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits
de grande consommation***

Zufferey Damien

Professeur responsable : Jean Hennebert

Semaine : 5
(16 juin)

Décompte des heures hebdomadaires

Tâche	Heures
Gestion de projet	1.5
Séance de projet	1.5
Recherche sur calcul de bilans environnementaux	4
Prise en main de la plate-forme J2ME	6
Recherche sur géolocalisation / calcul de distances	4
Modélisation application serveur	18
Implémentation application serveur	10
TOTAL	45

***Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits
de grande consommation***

Zufferey Damien

Professeur responsable : Jean Hennebert

Semaine : 6
(23 juin)

Décompte des heures hebdomadaires

Tâche	Heures
Gestion de projet	1.5
Séance de projet	1.5
Prise en main de la plate-forme J2ME	5
Calcul de distances entre 2 coord. géographique (Math) + implémentation	20
Modélisation application serveur	5
Modélisation application mobile	15
TOTAL	48

***Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits
de grande consommation***

Zufferey Damien

Professeur responsable : Jean Hennebert

Semaine : 7
(30 juin)

Décompte des heures hebdomadaires

Tâche	Heures
Gestion de projet	1.5
Séance de projet	1.5
Implémentation application serveur	42
TOTAL	45

***Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits
de grande consommation***

Zufferey Damien

Professeur responsable : Jean Hennebert

Semaine : 8
(07 juillet)

Décompte des heures hebdomadaires

Tâche	Heures
Gestion de projet	1.5
Séance de projet	1.5
Implémentation application mobile	45
TOTAL	48

***Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits
de grande consommation***

Zufferey Damien

Professeur responsable : Jean Hennebert

Semaine : 9
(14 juillet)

Décompte des heures hebdomadaires

Tâche	Heures
Gestion de projet	1.5
Recherche sur le calcul de bilans environnementaux	16
Test de l'application serveur	8.5
Modélisation de l'application mobile	3
Implémentation de l'application mobile	16
TOTAL	45

Problèmes rencontrés / Solutions trouvées

Description du problème	Description de la solution (si trouvée...)
<p>La géolocalisation via le GPS est fonctionnelle mais pas celle via GSM sur Nokia N95.</p> <p>Normalement, l'API Java utilisée (Location API) permet l'utilisation de différentes méthodes pour la géolocalisation, selon les implémentations fournies par le téléphone mobile.</p> <p>A mon avis, le problème pourrait venir du mobile étant donné qu'une application exemple de Nokia développée en Java avec la même API ne parvient également pas à utiliser la géolocalisation par GSM.</p>	

Divers

***Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits
de grande consommation***

Zufferey Damien

Professeur responsable : Jean Hennebert

Semaine : 10
(21 juillet)

Décompte des heures hebdomadaires

Tâche	Heures
Gestion de projet	2
Recherche sur le calcul de bilans environnementaux	8
Implémentation de l'application serveur	4
Test de l'application serveur	3
Test de l'application mobile	20
Rédaction du rapport final	8
TOTAL	45

***Calcul de bilans énergétiques liés au transport des produits
de grande consommation***

Zufferey Damien

Professeur responsable : Jean Hennebert

Semaine : *11*
(28 juillet)

Décompte des heures hebdomadaires

Tâche	Heures
Gestion de projet	1.5
Séance de projet	1.5
Résumé du travail	4
Rédaction du rapport final	33
TOTAL	40

7.2 Le cahier des charges

Introduction & cadre général

Contexte

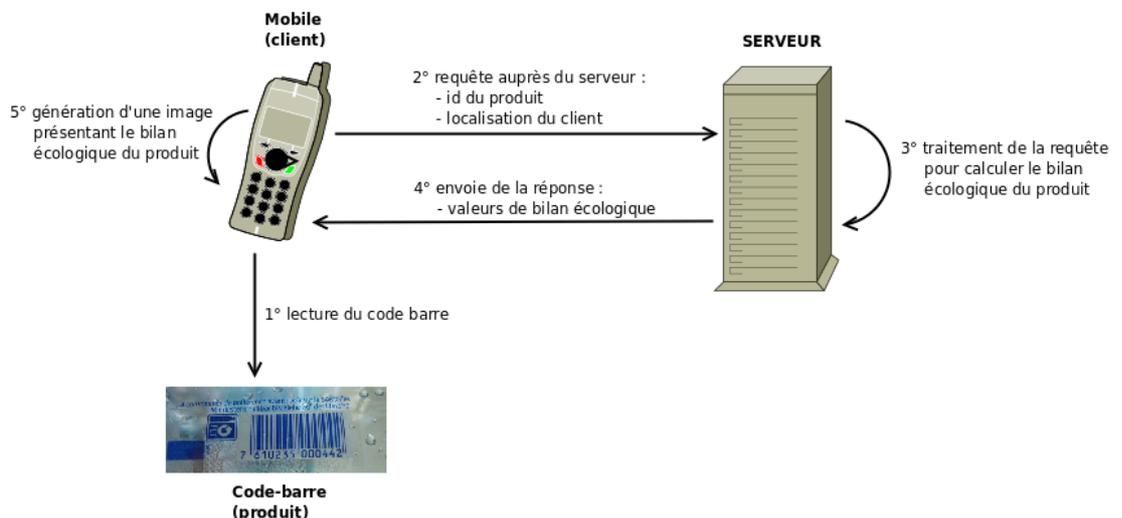
Ce projet informatique s'inscrit dans la tendance actuelle de l'écologie et du développement durable en proposant aux consommateurs le bilan écologique des produits qu'ils achètent. Concrètement, grâce au code-barres imprimé sur chaque produit, le consommateur à l'aide de son téléphone mobile récupère directement une notice lui indiquant clairement l'évaluation écologique du produit qu'il souhaite acheter.

Ce projet d'une durée de 360 heures s'effectue dans le cadre d'un travail de bachelor en informatique de gestion HES.

Dans le cadre de ce projet, le bilan écologique est calculé en prenant en compte seulement la partie transport du produit et en se basant sur le marché des eaux minérales en Suisse.

Concept

Ci-dessous un schéma expliquant le concept de récupération du bilan écologique à partir du code-barres du produit.



Voici les différentes étapes du processus :

1. La lecture du code-barres par le mobile est réalisée grâce à l'appareil photo intégré et via un logiciel qui permet de reconnaître un code-barres d'une image (voir <http://batoo.sf.net>). Cet aspect là n'est pas une priorité, le code sera saisi manuellement.
2. L'application installée sur le mobile contacte un web service en lui transmettant l'id du produit ainsi que les coordonnées géographiques du client. La localisation sera récupérée par GPS et/ou GSM.
3. Le serveur qui hébergera le web service sera en Java (Apache Tomcat). Le calcul du bilan écologique du produit est à définir selon les recherches effectuées durant le projet. Dans un premier temps il sera sommaire puis au fil des itérations il deviendra plus complexe (plus de paramètres sera pris en compte pour le calcul).
4. La réponse est envoyée au client sous forme d'un document XML (norme web service) ou autres formats (JSON, ...)
5. L'application du mobile génère une présentation simple et efficace au client à partir des données reçues du serveur pour le bilan écologique. La visualisation du bilan écologique pourrait se faire, par exemple, sous une forme similaire aux labels de consommation énergétique.

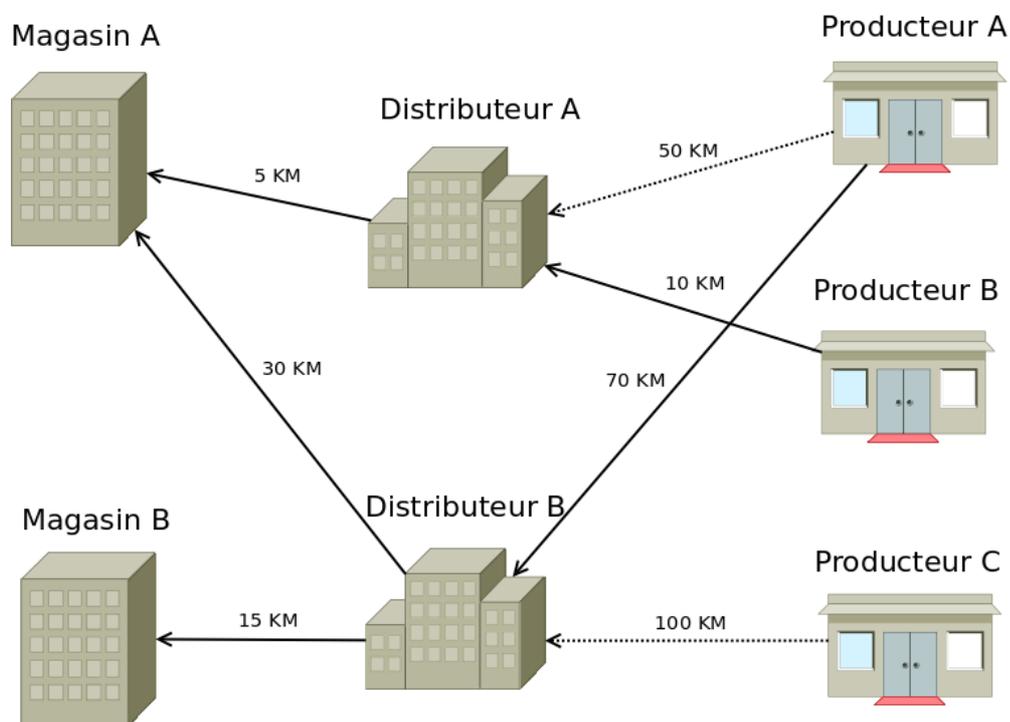
Calcul des distances

Voici quelques précisions concernant la méthodologie de calcul des distances.

Lors du calcul des distances entre le lieu de production et le lieu de commercialisation d'un produit, il faut tenir compte des différentes localisations des intermédiaires.

Dans un premier temps, la distance entre les différents acteurs est calculée à vol d'oiseau. Lors des itérations futures et selon les possibilités offertes par les maps API, la distance sera calculée en tenant compte du réseau routier et du rail.

Ci-dessous un schéma présentant le concept.



Légende

—> Transport par camion

.....> Transport par rail

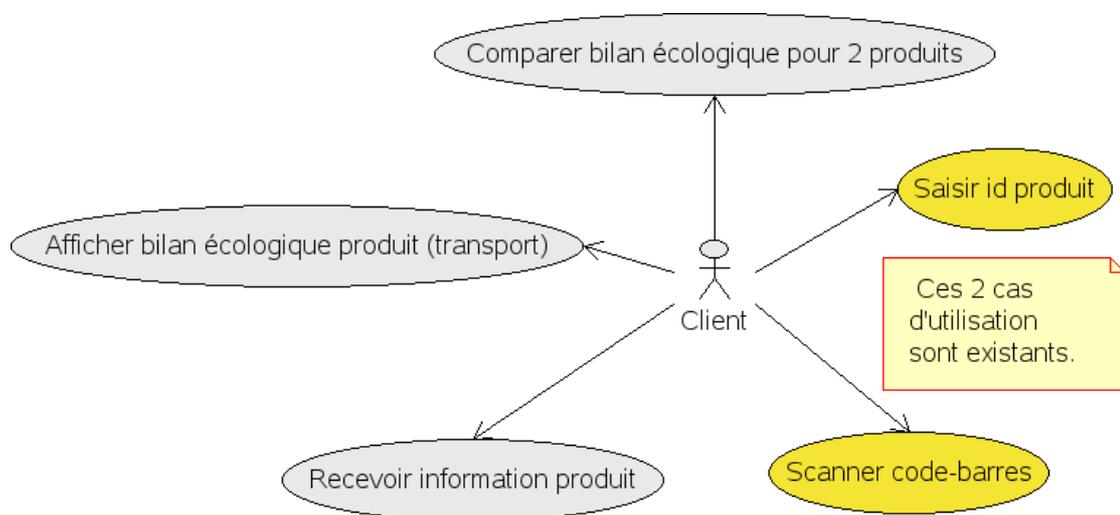
Fonctionnalités pour les utilisateurs

Voici quelques précisions concernant les fonctionnalités disponibles pour l'utilisateur depuis son mobile.

Deux versions du client pour mobile sont prévues, la première sera en mode texte puis la seconde en mode graphique. L'affichage du résultat du calcul de bilan écologique sera présenté à l'aide d'une jauge graduée de mauvais à excellent.

L'utilisateur aura la possibilité d'afficher le bilan écologique pour un seul produit et d'effectuer la comparaison de deux produits de même catégorie.

Ci-dessous un diagramme des cas d'utilisation du client mobile.



Planning prévisionnel du projet

Partie 1 Introduction au projet Green-T

- Concepts généraux
- Concept code-barres
- Concept bilan environnemental

Partie 2 Recherches

- ✓ Calcul de bilans environnementaux
- ✓ Évaluation de différentes plate-formes de mobiles (Symbian, J2ME, Android, ...)
- ✓ Géolocalisation et calcul de distances (API Google maps, ...)

Partie 3 Modélisation et implémentation

- ✓ Modélisation et implémentation du serveur
- ✓ Modélisation et implémentation du client

Partie 4 Rapports

- ✓ Planning et suivi du projet
- ✓ Cahier des charges
- ✓ Résumé du projet (2 pages A4)
- ✓ Dossier final + CD

Gestion de projet

Planning et suivi

En début de projet, une planification initiale est établie. Au fil du projet le suivi de l'avancement est enregistré afin de détecter et analyser les écarts pour prendre des mesures afin de respecter au mieux le planning.

Séance hebdomadaire

Chaque semaine une séance avec le responsable du projet est organisée. Cette entrevue permet de suivre l'avancement du projet et de discuter des problèmes et solutions rencontrés.

Damien Zufferey, le 02 juin 2008

7.3 La modélisation de la base de données

Date 11.06.2008
 Auteur Simon Martin
 Damien Zufferey
 Nom du fichier GreenT_DB_Model.doc
 Version 1.5

GREEN-T

Modèles de base de données

Version	Date	Exécutant	Remarques sur la modification
0.1	09.06.2008	Simon Martin	Défrichage
0.2	10.06.2008	Simon Martin	Tri par modèles
1.0	11.06.2008	Simon Martin	Simplification du modèle
1.1	17.06.2008	Damien Zufferey	Ajout d'un modèle de transport
1.2	19.06.2008	Damien Zufferey	Amélioration du modèle de transport
1.3	20.06.2008	Damien Zufferey	Finalisation du modèle
1.4	02.07.2008	Damien Zufferey	Correction du modèle
1.5	26.07.2008	Damien Zufferey	Correction du modèle

1. Modèle physique de la base GREENT

1.1. Principe

Ce modèle ne gère que les données strictement nécessaires au calcul du bilan eco-énergétique ou intéressantes pour l'affichage des données d'un produit.

Seules les données relatives au produit et aux transports sont modélisées. Les produits cibles sont les eaux minérales.

1.2. Règles de gestion

- Un produit possède toujours le même code-barres du début à la fin de la chaîne logistique et un code-barres ne peut être assigné qu'à un seul produit en activité. Si deux produits en apparence identiques ont des codes-barres différents, alors ils sont considérés comme distincts.
- Un produit (Ex. pommes) n'appartient pas forcément à une marque. Ainsi, deux pommes provenant d'un verger identique peuvent être vendues par des détaillants différents utilisant leurs propres GTIN.
- Le propriétaire du GTIN assigné à un produit n'est pas nécessairement le producteur. Il s'agit généralement du propriétaire de la marque si le produit à une marque, ou du détaillant s'il n'a pas de marque.
- Seul le marché suisse est ciblé, ce qui n'empêche pas un produit d'être fabriqué à l'étranger.
- Les produits sont regroupés en familles.
- Le poids, la contenance, l'emballage sont des attributs qui ne rentrent pas en compte pour le calcul du bilan eco-énergétique.
- Les partenaires d'affaires (Producteur, manufacturer, distributeur, importateur, grossiste, détaillant) interviennent dans le calcul du transport par rapport à leur localisation.

1.3. Signification des attributs

Table [product_PRO]

ean13_PRO : Il correspond au code-barres du produit.

functionalName_PRO : Nom du produit définissant son utilité ou sa fonction.

variant_PRO : Variation d'un produit. Par exemple, Eau minérale gazeuse, non gazeuse.

code_CO_PRO : Pays d'origine du produit.

isActive : Il se peut que le GTIN (Global Trade Item Number) a été annulé ou supprimé pour un produit.

Table [gtin_owner_GTO]

gln_GTO : Global Location Number. Ce numéro est attribué aux compagnies. Il contient un numéro localisant la compagnie précédé d'un préfixe identifiant le pays.

Table [intermediary_INT]

Cette table est utilisée pour enregistrer les différents lieux où transitent les produits. C'est dans cette table que l'on trouvera les producteurs, manufacturiers, distributeurs, importateurs, grossistes, détaillants.

isFinal_INT: Permet de définir s'il s'agit d'un lieu final de vente.

latitude_INT : Localisation grâce à la position géographique du lieu.

longitude_INT : Localisation grâce à la position géographique du lieu.

Table [type_transport_TTR]

capacity_TTR: Capacité en Kg du moyen de transport.

costKm_TTR: Coût par km pour le transport d'une tonne d'une marchandise.

kgCO2Km_TTR: Quantité de CO₂ en kilo produite pour le transport d'une tonne de marchandise sur une distance de 1 Km.

Table [transport_TTR]

Cette table intermédiaire est utilisée pour enregistrer le parcours d'un produit du producteur au magasin final en passant par divers intermédiaires.

L'enregistrement du parcours se fait dans la logique suivante :

- ✓ On enregistre le point de départ (producteur) en spécifiant la position à 0 et on ne référençant aucun type de transport étant donné qu'il n'y a pas de déplacement.
- ✓ On enregistre la prochaine étape (un importateur par exemple), cette seconde étape prend la valeur 1 pour la position ainsi qu'un moyen de transport.
- ✓ Idem pour les autres intermédiaires en incrémentant la position.
- ✓ Puis finalement on enregistre l'étape finale (le magasin) en spécifiant la position (selon nb étapes) et le moyen de transport.

position_TRA: La position de l'intermédiaire dans le parcours du produit (étape 1, étape 2, ...).

id_INT_TRA: Référence vers l'intermédiaire à destination dans l'étape en cours.

idFinal_INT_TRA: Référence vers l'intermédiaire de la destination finale.

1.4. Diagramme physique

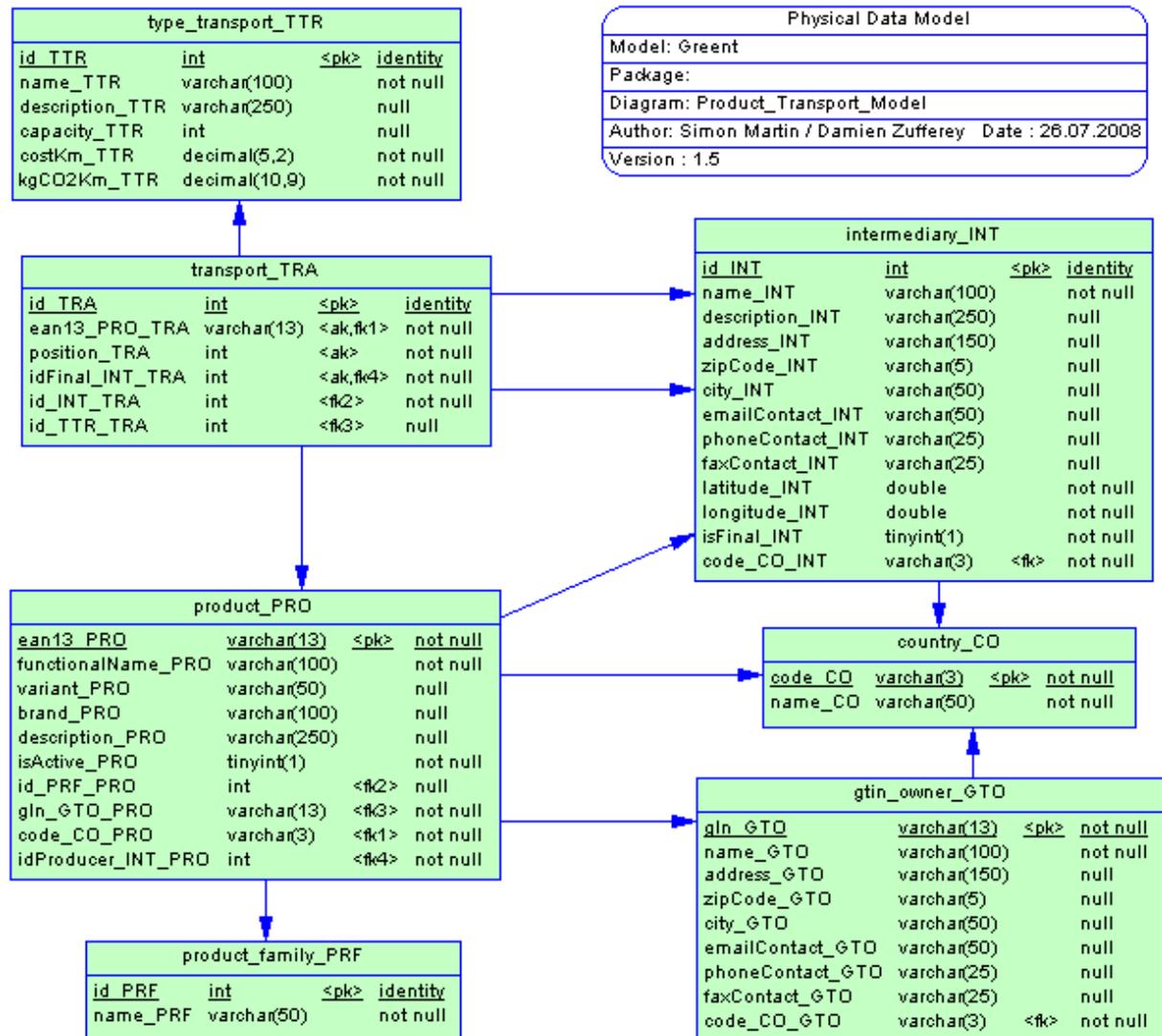


Fig 1. Modélisation de la partie produit et transport du modèle global GREEN-T