

Projet de Physique P6-3
STPI/P6-3/2011 – 2

**Contribution aux traitements de données trafic sur
véhicules instrumentés – Projet PUMAS**



Etudiants :

Anthonin Lizé

Anne-Sophie Ligois

Laurent Georges

Olivier Angrand

Confucius Carpentier

Thibault Geffroy

Enseignant-responsable du projet :

Abdelaziz Bensrhair

Cette page est laissée intentionnellement vierge.

Date de remise du rapport : **18/06/11**

Référence du projet : **STPI/P6-3/2011 – 2**

Intitulé du projet : **Contribution aux traitements de données trafic sur véhicules instrumentés – Projet PUMAS**

Type de projet : **Simulation, bibliographie.**

Objectifs du projet (10 lignes maxi) :

Ce projet a pour objectif par le biais de nous faire découvrir ce qu'est le projet PUMAS et toutes les technologies qui l'entourent, de nous initier au monde du traitement des données et de voir son importance ainsi que, plus généralement, celle de l'informatique dans la vie de tous les jours.

Mots-clefs du projet (4 maxi) : **PUMAS – Simulateur - GPS**

Si existant, n° cahier de laboratoire associé : /

TABLE DES MATIERES

1.	Introduction	6
2.	Méthodologie / Organisation du travail	7
3.	Travail réalisé et résultats	8
3.1.	Présentation projet PUMAS ^[1]	8
3.1.1.	PUMAS	8
3.1.2.	Projets Similaires	9
3.2.	Présentation des technologies utilisées dans le projet PUMAS	10
3.2.1.	Les récepteurs GPS ^{[5][6][7][8]}	10
3.2.2.	Algorithme	16
3.4.3.	Présentation du matériel utilisé	19
3.5.	Expérimentations	20
3.5.1.	Visite INRIA ^[2]	20
3.5.2.	Logiciel RTMaps ^[3]	22
3.5.3.	Compréhension d'un article scientifique et mise en place d'un algorithme	23
3.5.4.	Utilisation de simulateurs	24
3.5.5.	Acquisitions de trames GPS	25
4.	Conclusion et perspectives	26
4.1.	Conclusion générale	26
4.2.	Conclusions personnelles	27
5.	Bibliographie	29
6.	Annexes	30
6.1.	Annexe 1	30
6.2.	Annexe 2	31

NOTATIONS, ACRONYMES

PUMAS : Plateforme Universelle de Mobilité Avancée et Soutenable

INRIA : Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique

PIC : Projet INSA Certifié

LARA : La Route Automatisée

LITIS : Le Laboratoire d'Informatique, du Traitement de l'Information et des Systèmes

CREA : Communauté de Rouen Elbeuf Austreberthe



1. INTRODUCTION

En Novembre 2009, la CREA (Communauté de Rouen Elbeuf Austreberthe) a lancé le projet PUMAS (Plateforme Urbaine de Mobilité Avancée et Soutenable). Ce projet préindustriel vise à développer et évaluer sur l'agglomération de Rouen, une plateforme à destination des collectivités urbaines pour la génération en temps réel de temps de parcours prévus sur tout itinéraire à partir des données de suivi de véhicules traceurs.

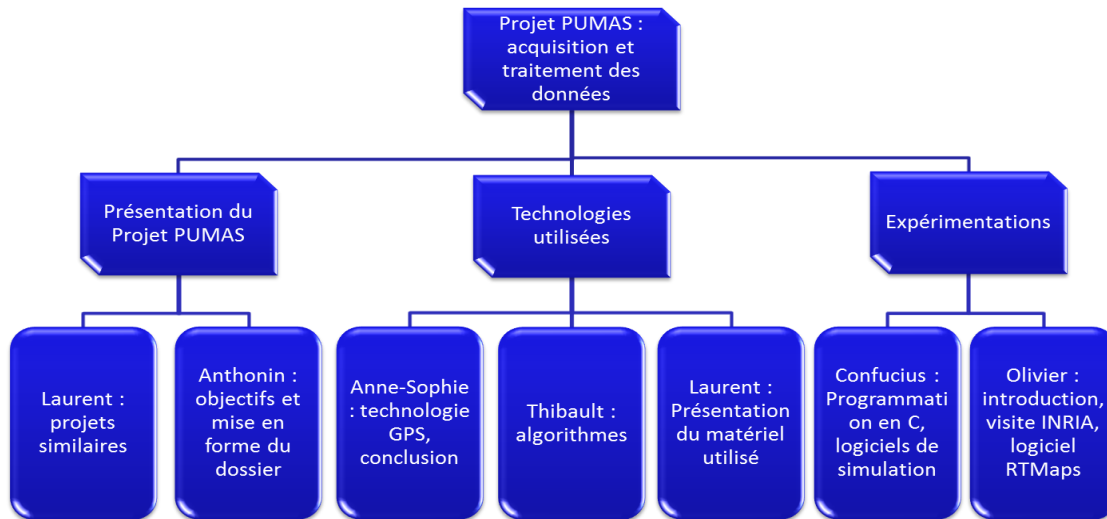
Notre projet vise à étudier les systèmes d'acquisition et de traitement de données trafic sur des véhicules instrumentés utilisés dans des projets tels que PUMAS.

Dans ce dossier, nous étudierons donc dans un premier temps le projet PUMAS en précisant les objectifs visés. Dans un deuxième temps, nous verrons plus en détail quels sont les algorithmes et les technologies utilisées pour ce projet. Enfin, nous présenterons dans une dernière partie les expérimentations que nous avons pu effectuer au cours du projet (algorithmes, logiciels de simulation, visite INRIA...).



2. MÉTHODOLOGIE / ORGANISATION DU TRAVAIL

Lors de la première séance, nous avons pris connaissance des objectifs liés au projet. Au fur et à mesure des séances, les grands axes du dossier commençant à prendre forme, nous nous sommes répartis le travail par binômes en trois parties: présentation du projet PUMAS, technologies utilisées et expérimentations.



Solutions de travail de groupe mises en place :

Au début, l'essentiel du travail de groupe s'est effectué via les boîtes mails. Toutefois, afin de faciliter l'échange de documents, photos ou bien encore algorithmes, nous avons mis en place un groupe virtuel « Google Group ».

Rédaction du rapport :

Chaque binôme était chargé de rédiger la partie de la section « Travail réalisé et résultats » le concernant. La dernière séance était consacrée à la rédaction commune des autres parties.

Enfin, le tout a été mis en page conformément aux critères demandés par une seule personne du groupe afin d'obtenir un dossier visuellement homogène.

Avant de rendre le dossier, ce dernier a été diffusé à tous les membres du groupe via la liste de diffusion pour corriger les erreurs en tout genre qui auraient pu persister.

3. TRAVAIL RÉALISÉ ET RÉSULTATS

3.1. Présentation projet PUMAS ^[1]

3.1.1. PUMAS

3.1.1.1. Objectifs

Le projet Pumas consiste à mettre en place une plateforme de renseignement de temps de parcours pour les villes et les agglomérations. Une fois cette plateforme mise en place, il sera alors possible de faire des prévisions en matière de circulation urbaine dans les villes équipées, ce qui permettra entre autre d'évaluer les risques de circulation congestionnée et de pics de pollution.

3.1.1.2. Présentation du système

Habituellement pour compter par exemple le nombre de voiture passant sur l'autoroute ou encore pour estimer leur vitesse, on utilise la technologie appelée boucle magnétique, il s'agit en fait d'enterrer sous la chaussée le dispositif magnétique qui détectera le passage des véhicules au-dessus de lui. Connaissant la distance entre deux boucles magnétiques, on peut évaluer la vitesse moyenne de l'automobiliste sur cette distance.

Ici, la grande innovation du projet Pumas par rapport à ses prédécesseurs, est qu'au lieu d'équiper les infrastructures telles que les routes avec de multiples dispositifs, cette fois ci ce seront les voitures qui serviront d'outils et de support dans la collecte de données. Les véhicules choisis seront des véhicules de transports publics, des bus, des taxis, des voitures de la poste ou autres voitures de livraison circulant beaucoup dans une zone donnée. Chacun de ces véhicules transportera à son bord « une Pumas Box » qui permet de localiser en temps réel où se trouve le véhicule et quel temps il va mettre pour parcourir un trajet donné situé entre deux « Pumas points ». Un Pumas Point étant tout simplement, un point de coordonné GPS bien précis sur une carte numérique.

Toutes les données ainsi collectées seront envoyées vers la Pumas spot la plus proche, qui elle-même redirigera les informations jusqu'au Pumas server. Précisons que le transfert de données, peut se faire au choix soit à l'aide de la simple connexion wifi ou bien via une connexion GPRS.

3.1.1.3. Place au sein de l'INSA

Le projet PUMAS est au cœur des études dans notre école. En effet il fait partie des grandes études du laboratoire LITIS, qui est en partenariat avec l'INRIA, qui leur fournira, entre autres, les voitures LARA nécessaires à l'acquisition de données pour le projet. Ce projet a également une place au sein des différents PIC du département ASI, ce qui permet aux futurs ingénieurs de s'intégrer au sein d'un projet ayant des fins professionnelles.

3.1.2. Projets Similaires

3.1.2.1. TrafficScan

Le but de ce projet est de donner en temps réel des informations aux automobilistes sur le trafic. Les données sont collectées puis mise en ligne pour indiquer les conditions de circulations aux automobilistes qui peuvent ainsi planifier leur trajet.

Ce projet a vu le jour en 1999 à Singapour et est constamment amélioré afin de donner des informations plus précises sur la fluidité du trafic.



Taxi participant au projet TrafficScan

Avant 1999, la LTA (Land Transport Authority) de Singapour collectait les données propres à la circulation de deux façons différentes : Grâce à des détecteurs fixés sur la voie ou par le biais d'enquêtes sur le temps de trajet. Les deux inconvénients majeurs sont la rapide détérioration des capteurs, de plus ils fournissent des données ponctuelles et locales et non globales.

Une des solutions qui offre un moyen de collecter les données est le FCD (Floating Car Data), qui est réalisé à partir de véhicules équipés de sondes. Ces véhicules sont le plus souvent équipés d'un système GPS.

La méthode du FCD consiste à :

- Collecter automatiquement des données à partir de véhicules individuels.
- Envoyer les données vers un processeur central
- Extraire les données utiles et les redistribuer aux automobilistes.

En Europe, la méthode a été utilisée dans plusieurs pays. On peut citer OPTIS en Suède ou bien encore et le projet FCD-Taxi en Allemagne. Cependant, c'était surtout des projets pilotes avec des petits moyens (220 véhicules en suède en 2001 et 2200 taxis à travers 5 villes en Allemagne en 2002).

Plus récemment, un projet pilote de grande envergure en Chine dans la ville de Guangzhou s'est effectué avec la collaboration de Siemens Mobile. 17.000 taxis sont utilisés et les données collectées sont envoyés aux automobilistes sur le net ou bien par texto.

À Singapour, le projet TrafficScan utilise 11.000 taxis sur lesquels on capture, grâce à un dispositif GPS, la position, la vitesse et la direction du taxi. Les données sont ensuite mises en ligne sur le site www.onemotoring.com.

On y retrouve également les informations concernant la vitesse en temps réel, les travaux en cours, les incidents et aussi les accidents sur les routes singapouriennes.

L'algorithme a plusieurs fonctions, tout d'abord il convertit les données du type WGS84 (format mondiale) au type SVY21 (format locale à Singapour). Il effectue ensuite un map-matching afin de situer précisément les taxis. Enfin, il calcule les vitesses moyennes sur les segments de route car elle plus représentative des conditions de circulation.

3.2. Présentation des technologies utilisées dans le projet PUMAS

3.2.1. Les récepteurs GPS ^{[5][6][7][8]}

Les systèmes de navigation et de positionnement par satellite occupent une place prépondérante dans la réalisation du projet Pumas. En effet, parmi les équipements essentiels au bon fonctionnement des voitures LARA, nous trouvons les récepteurs GPS (Global Positioning System). Les récepteurs captent et analysent les signaux émis par une constellation de satellites.

Ainsi, afin de mieux appréhender les tenants et aboutissants de tels outils, une brève présentation du principe de positionnement GPS s'impose. Tout d'abord, il est important de noter que le propriétaire du système GPS est le ministère de la défense des Etats-Unis d'Amérique. En conséquence, il existe deux modes de fonctionnement de ce système :

- Le mode PPS (Precise Positioning Service) d'excellente précision pour les utilisateurs autorisés
- Le mode SPS (Standard Positioning Service) avec une précision volontairement dégradée pour les utilisateurs civils.

Par ailleurs, le système GPS est constitué de trois segments distincts, à savoir :

- Le segment spatial: Il est constitué de 24 satellites, répartis sur 6 orbites qui gravitent autour de la terre. Sur chaque orbite, on retrouve donc 4 satellites. Chaque satellite pèse de 500 à 800 kg, a une période orbitale de 12h et une altitude de 20 180 km et embarque plusieurs horloges atomiques (de 4 à 6).
- Le segment de contrôle: Il se compose de 5 stations au sol dont le rôle principal est de suivre toutes les secondes la trajectoire des satellites. La station principale est basée à la Schriever Air Force Base, dans le Colorado aux Etats-Unis. On y effectue la correction des éphémérides des satellites et leurs horloges.
- Le segment utilisateur: Il fait référence à l'ensemble des récepteurs GPS capables de calculer la position, la vitesse et le temps universel.

Intéressons-nous maintenant au procédé du système GPS et voyons comment s'exécute un tel service. Dans un premier temps, les stations de contrôle communiquent aux satellites les messages de navigation sous forme d'ondes électromagnétiques. Dans un second temps, les satellites interceptés par le récepteur transmettent à ce dernier l'ensemble des messages de navigation. Dans un dernier temps, le récepteur utilise ces messages pour déterminer sa position.

De plus, il est dès à présent intéressant de remarquer que les signaux GPS sont au nombre de deux. En d'autres termes, les satellites génèrent via les horloges atomiques deux types d'ondes :

- Les ondes L1 $154.f_0 = 1575,42$ Mhz (longueur d'onde d'environ 19.05 cm).
- Les ondes L2 $120.f_0 = 1227,60$ Mhz (longueur d'onde d'environ 24.45 cm) qui sont réservées à l'armée Américaine.

Les signaux GPS sont eux-mêmes par deux codes ou PRN (Pseudo Random Noise)

- Le code C/A (Coarse Acquisition) module l'onde L1
- Le code P (Precise) module les ondes L1 et L2

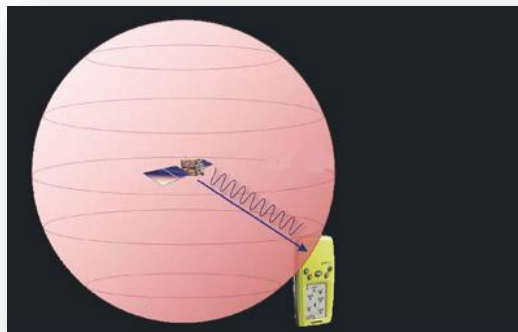
Cependant, se pose dès lors la question de l'identification des satellites. Il faut savoir que celle-ci se fait par le biais de plusieurs systèmes de coordonnées :

- Les coordonnées cartésiennes : x, y, z
- Les coordonnées géographiques: latitude, longitude, hauteur ou altitude.
- Les coordonnées planes: E, N, hauteur ou altitude.

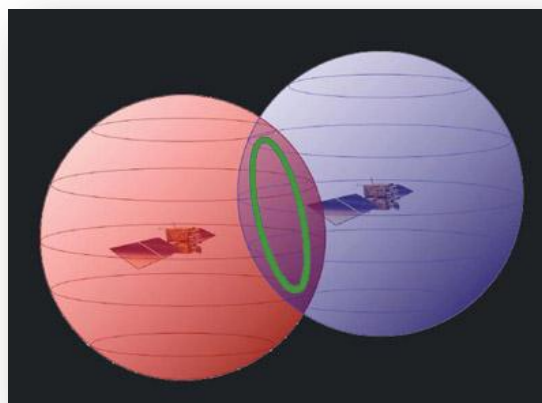
Ces systèmes de coordonnées sont complétés par des systèmes de référence. Il s'agit d'ellipsoïdes de référence ou géoïdes de référence (surface moyenne des niveaux des mers).

Une fois les satellites du système GPS identifiés, il nous faut encore les localiser. Pour ce faire, nous appliquons un principe de base : la triangulation. Cette méthode consiste à déterminer la position d'un objet à partir de deux ou plusieurs points de repères. Elle utilise ainsi des formules simples telles que la loi des sinus. De fait, la triangulation permet donc de déterminer la position à partir de trois points de repère, dans le cas présent, des satellites qui communiquent aux récepteurs leur position dans l'espace. Toutefois, pour mieux comprendre ce principe, quelques images valent mieux qu'un long discours.

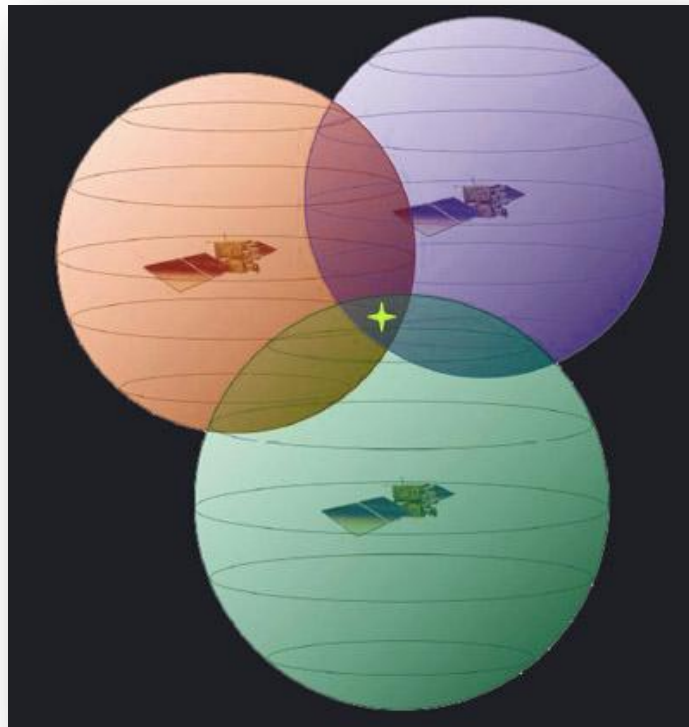
- Un satellite: Celui-ci émet une onde électromagnétique de vitesse connue.



- Deux satellites: Il y a intersection de 2 cercles.



- Trois satellites: Il y a intersection de 3 cercles.



- Quatre satellites: Cette conformation permet de savoir l'heure exacte où le signal est reçu.

On obtient alors un système d'équations à quatre inconnues dont la résolution se fait par linéarisation et la position du récepteur est obtenue après convergence. Notons bien que plus le nombre de satellites utilisés est important, meilleure est la précision.

Toutefois, malgré un caractère général de performance et de précision, le système GPS renferme en son sein diverses sources d'erreurs. En voici quelques-unes :

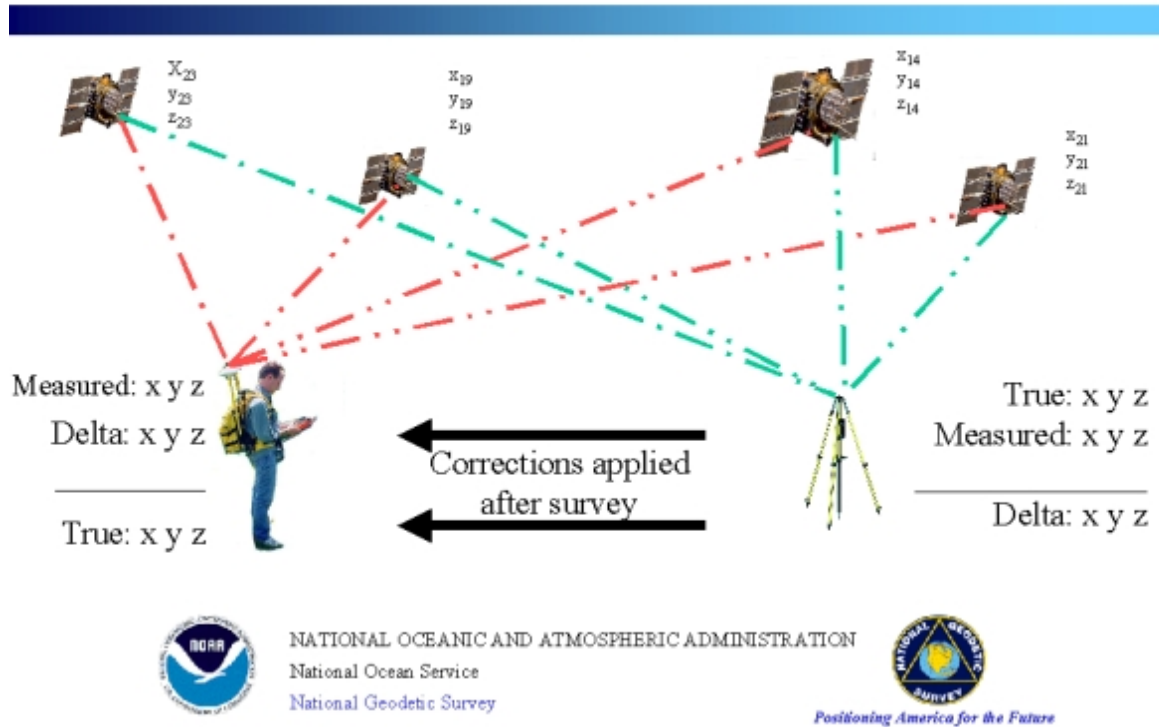
- Le bruit des récepteurs.
- Les écarts de trajectoire.
- Le retard avec la traversée des couches atmosphériques.
- L'erreur due aux horloges des satellites.
- La position géographique des satellites.
- L'environnement où se trouve le récepteur.
- L'effet canyon: obstruction du signal GPS.

Au total, on obtient en moyenne une erreur de l'ordre d'une quinzaine de mètres

Néanmoins, il est désormais possible d'effectuer une correction de ces erreurs.

Parmi les méthodes correctives des erreurs de précision des signaux GPS, il existe le DGPS (Differential Global Positioning System) ou GPS différentiel. Il s'agit d'une amélioration du GPS qui utilise un réseau de stations fixes de référence. Celles-ci transmettent l'écart entre les positions indiquées par les satellites et leurs positions réelles connues. On peut alors obtenir une précision qui est de l'ordre du mètre.

Differential GPS



Pour corriger les erreurs de précision que peut présenter le système GPS, nous pouvons également citer le Map Matching qui est une technique combinant une carte électronique et des informations de location dans le but d'obtenir la position réelle des véhicules sur un réseau de routes.

Enfin, il nous faut ajouter que plusieurs protocoles entourent le fonctionnement et l'utilisation des GPS. L'un des plus connus est le protocole NMEA (National Marine Electronics Association). Il correspond à une spécification pour la communication entre équipements marins dont les équipements GPS. Il utilise une simple communication série pour transmettre une "phrase" à un ou plusieurs écoutants. Une trame NMEA utilise tous les caractères ASCII. Note qu'à ce jour, il existe plus d'une trentaine de trames GPS différentes. Mais regardons de plus près le contenu d'une trame GPS :

```
$GPAAM,A,A,0.10,N,WPTNME*43
```

AAM Arrival alarm

A Arrival circle entered

A Perpendicular passed

0.10 Circle radius

N Nautical miles

WPTNME Waypoint name

*43 Checksum data

En outre, la trame GGA est, elle aussi, très courante car elle fait partie de celles qui sont utilisées pour connaître la position courante du récepteur GPS. En voici un exemple :

```
$GPGGA,064036.289,4836.5375,N,00740.9373,E,1,04,3.2,200.2,M,,,,0000*0E
```

\$GPGGA : Type de trame

064036.289 : Trame envoyée à 06h40m36,289s

4836.5375,N : Latitude 48,608958° Nord = 48°36'32.25" Nord

00740.9373,E : Longitude 7,682288° Est = 7°40'56.238" Est

1 : Type de positionnement (le 1 est un positionnement GPS)

04 : Nombre de satellites utilisés pour calculer les coordonnées

3.2 : Précision horizontale ou HDOP (*Horizontal dilution of precision*)

200.2,M : Altitude 200,2 , en mètres

,,,,,0000 : D'autres informations peuvent être inscrites dans ces champs

*0E : Somme de contrôle de parité

Questions -Réponses

Pourquoi les GPS sont-ils parfois longs à s'initialiser ?

Principalement pour deux raisons. D'une part, il faut trouver un signal satellite et d'autre part, il faut que l'horloge du satellite et celle du GPS se synchronisent ensemble, ce qui peut induire un laps de temps certain.

Sommes-nous totalement dépendants des Etats Unis en matière de GPS ?

Oui, mais l'Union européenne projette de mettre en place son propre système de positionnement par satellites. C'est le projet Galileo qui devrait aboutir fin 2012. En effet, ce système de positionnement par satellite est destiné à supprimer la dépendance de l'Europe en matières spatiales, et notamment vis-à-vis du système américain, le GPS. Cette indépendance est importante, car le GPS, comme nous l'avons vu précédemment, souffre de nombreuses restrictions sur la précision du positionnement (de l'ordre de 20 mètres pour le signal gratuit), sur la fiabilité ou sa continuité (le positionnement peut être impossible dans certaines zones du globe et/ou à certains moments, pour des raisons techniques et/ou politiques).

3.2.2. Algorithme

3.2.2.1. L'algorithme

L'algorithme est le principe de base du projet. En s'appuyant sur des hypothèses mathématiques, il permet le bon fonctionnement de tout le matériel électronique et informatique liés à la gestion des données et du traitement de l'information.

Lors de notre étude du projet nous avons eu à étudier une publication : "A Comparative Study of Parking and Congestion Charge Policies based on Transport Mode Choice Estimation" (cf. 3.5.3. pour l'application de cet algorithme).

Cette publication nous a permis d'étudier un problème de congestion qui peut être traité grâce à un algorithme basé sur certaines hypothèses mathématiques.

Tout d'abord il faut établir la méthodologie. Dans notre étude il est question d'étudier le comportement des voyageurs et de leurs moyens de transport.

La méthode traditionnellement utilisée pour étudier le comportement des voyageurs est le modèle discret. Cette méthode consiste à déterminer si l'usager utilise les transports en commun ou non.

On pose alors p_i la probabilité de voyager par voiture et $1-p_i$ la probabilité de voyager par un autre moyen de transport. Le BLM soit Binary Logit Model peut être définie par:

$$\frac{p_i}{1 - p_i} = e^{z_i}$$
$$z_i = B_0 + B_1 * x_1 + B_2 * x_2 + \dots + B_n * x_n + \varepsilon_i$$

Où B_j est le coefficient à estimer, ε le terme stochastique et x_j qui représente le moyen de locomotion choisi.

Une étude a ensuite été réalisée afin de prévoir la politique de paiement à appliquer aux parkings et aux transports en commun, ceci dans le but de limiter les risques de congestion en ville.

On peut enfin créer un algorithme qui pourra déterminer cette prévision de congestion en fonction du genre de la personne, de ses revenus, du fait qu'il soit propriétaire d'une voiture etc.

Notre groupe a tenté de reconstitué une ébauche de l'algorithme grâce aux données fournies dans la publication. Voici donc le résultat de notre travail : cf. *annexe 1*.

3.4.2.2. Les filtres

Le filtre est un programme qui permet de gérer les flux de données. Ainsi on peut appliquer plusieurs filtres selon les hypothèses mathématiques.

3.4.2.2.1. Filtres modèles

On crée un modèle mathématique :

$$x(t) = f\left(\frac{x_k}{y_k}\right) + w$$

Où y_k est l'équation des observations :

$$y_k = F(\Phi)$$

On alimente les modèles mathématiques avec des données observées.

3.4.2.2.2. Filtres particuliers

Ce type de filtre est à redéfinir en fonction de chaque situation concrète.

Pour ce filtre il faut attribuer un poids à chaque probabilité prise en compte, ceci afin d'augmenter l'importance de certaines données par rapports aux autres.

Les algorithmes du projet s'appuient beaucoup sur celui de Monte Carlo, qui est une méthode à particule et il fait partie des techniques sophistiquées d'estimation de modèles basées sur la simulation.

D'après *Wikipédia* :

"Les méthodes à particules, comme toutes les méthodes à base d'échantillonnages, génèrent un ensemble d'échantillons qui approximent la distribution de filtrage $p(x_k | y_0, \dots, y_k)$. Ainsi, avec P échantillons, les valeurs espérées vis-à-vis de la distribution de filtrage sont approximées par :

$$\int f(x_k) p(x_k | y_0, \dots, y_k) dx_k \approx \frac{1}{P} \sum_{L=1}^P f(x_k^{(L)})$$

Où $x_k^{(L)}$ est la $(L)^{\text{ième}}$ particule à l'instant k ; et $f(\cdot)$ de la façon habituelle des méthodes de Monte Carlo, peut donner tous les données de la distribution jusqu'à un certain degré d'approximation.

En général, l'algorithme est répété itérativement pour un nombre donné de valeurs k (que nous noterons N).

Initialiser $x_k = 0 \mid k = 0$ pour toutes les particules fournit une position de départ pour générer x_1 , qui peut être utilisé pour générer x_2 , qui peut être utilisé pour générer x_3 , et ainsi de suite jusqu'à $k = N$.

Une fois ceci effectué, la moyenne des x_k sur toutes les particules (ou $\frac{1}{P} \sum_{L=1}^P x_k^{(L)}$) est approximativement la véritable valeur de x_k ."

3.4.2.3. Détection de congestion

Il existe deux méthodes pour détecter les congestions:

- La première est basée sur la densité du flux. En effet on peut assimiler le trafic autoroutier à un fluide et lui appliquer les théorèmes physiques de la mécanique des fluides.

Cependant il faut beaucoup de données pour détecter plusieurs voitures.

- La deuxième est basée sur la vitesse des voitures sur un axe routier. Cette vitesse est relevée grâce aux PUMAS Box. Ainsi on relève la vitesse d'entrée et de sortie de chaque voiture. On calcule la vitesse moyenne: $V_m = \frac{(V_e + V_s)}{2}$

On compare ensuite avec la vitesse limite de la branche étudiée:

On sépare généralement les vitesses en 3 intervalles afin de déterminer la qualité du flux automobile sur la route étudiée.

Exemple:

La vitesse limite est de 50 km/h. On va donc décider que si la vitesse moyenne observée est :

- Entre 0 et 20 km/h: il y a une congestion.
- Entre 20 et 35 km/h: la vitesse des automobilistes est moyenne.
- A plus de 35 km/h: la circulation est fluide.

Il y a cependant un facteur d'erreur à prendre en compte qui représente les deux roues, les voitures s'arrêtant au milieu d'une section... Ce qui fausse donc les calculs.

3.4.2.4. Calcul du temps de parcours

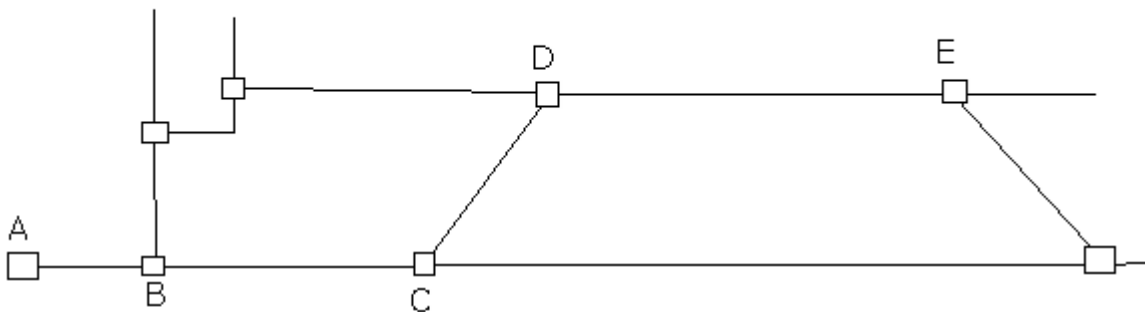
On peut réaliser une estimation des temps de parcours sur une section grâce aux formules suivantes:

$$Tp = Zw_{f(i)} \times Tpf(i) + wz_{(i)} \times Tps$$

$$Tpf(i) = \frac{Sp - w_{(i)} - Sk_{(i)}}{Vk_{(i)}}$$

Dans un autre cadre on préférera étudier le temps de parcours de certains automobilistes, on calculera donc le temps entre chaque intersection prise par la personne.

Ainsi pour évaluer le temps de parcours d'une personne partant d'un point A à un point E on additionnera les temps de parcours de chaque section, en prenant le chemin le plus court.



Ainsi :

$$Tp(AE) = Tp(AB) + Tp(BC) + Tp(CD) + Tp(DE)$$

3.4.3. Présentation du matériel utilisé

3.4.3.1. Voiture LARA

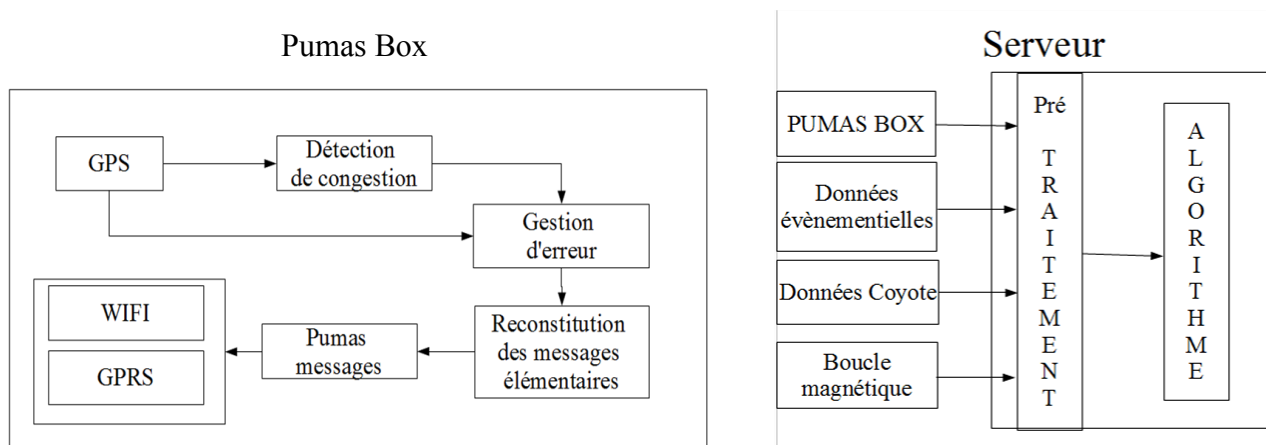
Pour relever les données, les membres du projet PUMAS vont utiliser les voitures LARA (La Route Automatisée) de l'INRIA. Ces véhicules comprennent déjà une antenne GPS Trimble, un ordinateur, un écran situé derrière le siège passager et un transformateur afin d'alimenter l'ensemble. Pour faire face à des contraintes temporelles, le transformateur a d'abord été réalisé par l'équipe technique de l'INRIA, puis, fonctionnant bien, il a été laissé en place.

Actuellement la seule source d'énergie est la batterie d'origine de la voiture. Cependant, les ordinateurs devant être remplacé dans un futur proche par des appareils plus puissants, de nouvelles batteries devront être installées.

3.4.3.2. Pumas Box

Le projet PUMAS inclut des boîtiers appelés Pumas Box qui sont le cœur même du système. En effet l'innovation apportée par le projet est le traitement direct des données GPS au sein de la voiture. Les systèmes traditionnels envoient les données sur un serveur distant où elles sont traitées puis les récupèrent afin d'informer le conducteur. Les Box traitent les données sur place puis les envoient sur un serveur. Le serveur traite les données afin d'avoir une modélisation et une cartographie plus précise. A chaque allumage, les PUMAS Box reçoivent alors les updates des serveurs. Afin de permettre une modélisation toujours plus efficace. L'envoi se fait si possible par un réseau wifi gratuit sinon elles utilisent le système GPRS.

En plus des données fournies par les Pumas Box, l'algorithme du serveur utilise des données événementielles incluant des informations sur la circulation en fonction du contexte (rentrée scolaire, départ en vacances) et les données Coyote contenant des données historiques.



3.5. Expérimentations

3.5.1. Visite INRIA [2]

3.5.1.1. Présentation

L'INRIA est un organisme public de recherche, dédié aux sciences et technologies du numérique. Environ 3200 personnes dont 2250 scientifiques travaillent pour cet organisme. Forte d'un budget de 125M euros, l'INRIA se décompose en 6 unités de recherche en France: Grenoble, Nancy, Rennes, Rocquencourt, Sophia Antipolis et Bordeaux.

Dans le cadre de notre projet, nous avons visité le site de Rocquencourt afin de rencontrer l'équipe de l'IMARA qui est associée au projet PUMAS. Cette visite était également l'occasion de découvrir les véhicules LARA, qui seront utilisés dans le cadre du projet PUMAS afin de réaliser l'acquisition des données.

3.5.1.2. L'atelier IMARA (Informatique, Mathématiques et Automatique pour la Route Automatisée)

L'IMARA a pour objectif d'améliorer le transport routier en termes de sécurité, d'efficacité, de confort et de minimisation des nuisances. L'approche technique est centrée sur les aides à la conduite, pouvant aller jusqu'à une automatisation totale du véhicule. Ainsi, on nous a présenté lors de la visite, la Cybercar, mini voiture qui se conduit sans assistance humaine. Cette voiture peut transporter jusqu'à 8 passagers. Une première mondiale a été effectuée avec le lancement de ce véhicule à La Rochelle. En effet, ce véhicule est actuellement testé dans cette ville sur un parcours d'environ 1 km qui comporte 5 stations. Si une personne veut s'en servir elle doit appeler le véhicule depuis une station, le véhicule viendra ainsi la chercher et la conduira vers une autre station sur le parcours. Le véhicule a une autonomie de 4 heures environ et fonctionne avec une batterie au plomb. Lorsqu'un véhicule est déchargé, un « contrôleur » doit se charger d'emmener le véhicule dans une station pour le recharger.

Au niveau de la technologie, le véhicule fonctionne grâce à un dispositif qui comprend des capteurs « intelligents », des télémètres laser rotatifs, des caméras laser et un GPS de haute technologie conçu par l'INRIA. Côté logiciels, le véhicule embarque des outils de navigation basés sur des techniques de fusion de données ainsi que des techniques de reconnaissance et d'évitement d'obstacles.



La Cybercar

A souligner que le lancement d'un tel projet dans une ville est très difficile. En effet, ce genre de véhicule peut être utilisé dans un espace fermé sans trop de difficulté (ex: aéroport d'Heathrow en Angleterre) mais pour un lancement urbain il faut avoir différents accords étant donné que selon une loi européenne il est interdit de mettre en circulation un véhicule sans conducteur dans les réseaux urbains. Plusieurs accords ont dû être signés pour le lancement du véhicule (notamment préfet et maire de La Rochelle).

3.5.1.3. Voitures LARA

Nous avons pu découvrir les voitures LARA, qui, comme dit précédemment, seront utilisées pour le projet PUMAS. Nous avons ainsi pu voir comment ces voitures sont adaptées pour l'acquisition des données GPS. Elles sont équipées d'un ordinateur, d'une antenne GPS, d'un écran ainsi que de transformateurs pour pouvoir fournir la puissance nécessaire au pc.



Transformateurs



Antenne GPS Trimble



Ordinateur

3.5.2. Logiciel RTMaps^[3]

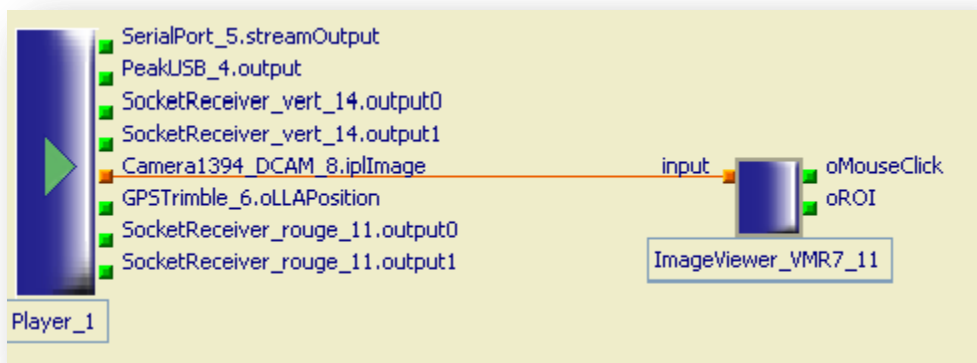
Ce logiciel a été développé à partir de 1998 au Centre de Robotique de l'École des Mines de Paris. En 2000, il a remporté un prix au concours national ANVAR de l'innovation et conduit à la création d'une start-up : Intempora, qui l'a industrialisé et commercialisé.

RTMaps permet l'acquisition de données de tout type et leur relecture. Dès lors qu'un appareil est connectable à un système informatique, il est possible d'échanger des informations. Toutes les informations sont alors datées et synchronisées, même si elles proviennent de capteurs multiples. La relecture de ces données permet de reproduire fidèlement la situation réelle saisie.

RTMaps possédant une interface graphique, la construction et le paramétrage des applications est représentées par des diagrammes. Quelques minutes suffisent alors à mettre en place une application complexe.

- Partie simulation:

Nous avons utilisé le logiciel RTMaps pour lire un fichier video.rec. Ce fichier video est une acquisition de données à partir d'un véhicule Lara effectué sur le domaine de l'INRIA. Ainsi, en utilisant RTMaps, nous pouvons visualiser en temps réel la vitesse du véhicule, sa position à chaque instant ainsi que son accélération. Pour cela, il suffit de charger le fichier.rec ainsi que le Player RTMaps. On obtient le diagramme suivant :



Exemple de diagrammes reliés, logiciel RTMaps

Pour pouvoir lire la vidéo, il faut charger le package image viewer qui est inclus dans le logiciel. Afin d'obtenir les différentes informations telles que la vitesse du véhicule ou bien encore sa position, il suffit de relier le GPS trimble aux diagrammes de vector viewer. Ainsi, par le biais de cet exemple, nous pouvons voir qu'à partir d'un simple fichier.rec, il nous est possible de récupérer toutes les données acquises par le véhicule équipé.

3.5.3. Compréhension d'un article scientifique et mise en place d'un algorithme

Dans le cadre de notre projet de P6-3, nous avons souvent des articles scientifiques rédigés en anglais à lire, notre tâche consistait au début de l'année simplement à comprendre de quoi il s'agissait puis d'aller chercher des informations complémentaires sur le sujet, afin de faire une présentation devant les enseignants et l'autre groupe.

Cependant une fois M. Hadachi a décidé de nous emmener encore plus loin et nous ramena l'article suivant :

« A comparative study of parking and congestion charge policies based on transport mode choice estimation ».

Notre travail cette fois ci, consistait à lire et comprendre le document, puis à en extraire l'algorithme permettant de déterminer si oui ou non un individu allait prendre sa voiture ainsi que les variables influant sur sa décision. Une fois cela fait il fallait écrire un petit programme en C ou C++ afin de le traduire et de pouvoir le tester.

Ainsi nous avons pu écrire l'algorithme suivant (voir annexe).

Puis nous avons pu faire en cours une démonstration de son principe d'utilisation :

```
C:\Users\Confucius\Documents>p63.exe
Veuillez entrer votre revenu en eu euros : 10
Veuillez entrer la distance a votre lieu de travail en km : 100
Veuillez entrer le temps de votre trajet : 50
Veuillez entrer le prix de vos frais de stationnement : 60
Veuillez entrer le montant rembourser par votre societe sur vos frais de transports : 50
Etes vous un homme M ou une femme F :Possedez vous votre propre voiture oui Y ou non N : M Y
La probabilite de prendre la voiture est de 1.000000 pour info la valeur de zi est 271.339996
C:\Users\Confucius\Documents>
```

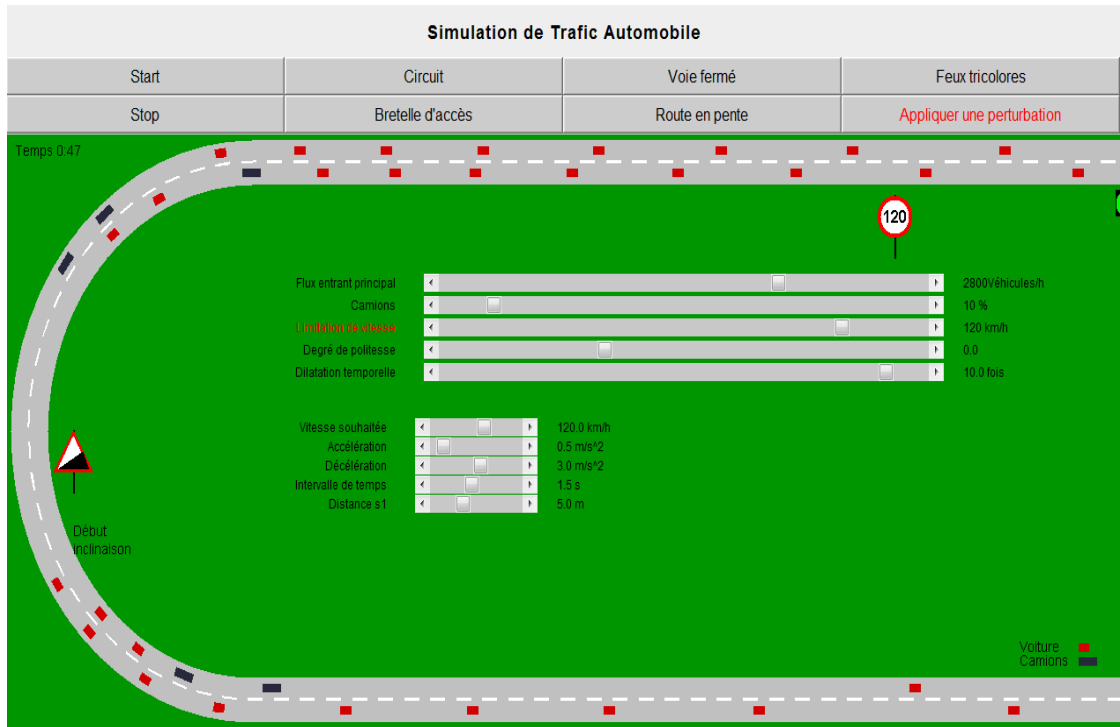
Le programme vous pose plusieurs questions, et en fonction de vos réponses vous retourne une valeur z_i qui permet de calculer par la suite la probabilité p_i de prendre votre voiture selon la formule suivante :

$$\frac{p_i}{1 - p_i} = e^{z_i}$$

Dans les faits même si le programme est bon dans sa rédaction, il n'est cependant pas possible de l'utiliser en réalité car l'article ne nous expliquait pas comment obtenir certaines des constantes qui sont de toutes les façons propres à une population donnée. Nous les avons donc arbitrairement fixées à 1 pour la démonstration.

3.5.4. Utilisation de simulateurs

Au cours du projet, nous avons souvent été amenés à parler de simulateurs de trafic routier, mais nous avons également eu l’occasion d’en utiliser quelques-uns comme celui-ci trouvé sur internet, qui permet de voir l’évolution du trafic dans des situations différentes en fonction de plusieurs données (type de conducteurs, nombre de véhicules entrants, pourcentage de camions etc.) :



Lors de notre visite à l’INRIA, nous avons également eu la chance et le plaisir de tester un modèle prototype, qui permet à partir d’une application installée sur un iPhone de contrôler un véhicule à distance. Dans notre cas l’iPhone permettait de contrôler une voiture à l’intérieur d’un simulateur, il suffisait d’un mouvement vers la direction souhaitée pour se déplacer, par exemple un vers l’avant pour accélérer, un vers l’arrière pour reculer et ainsi de suite. Après une démonstration nous avons eu le droit pour les gens volontaires, de piloter le véhicule depuis le Smartphone, suite à quoi on nous a montré des vidéos où il s’agissait cette fois-ci d’un véritable véhicule contrôlé par ce même portable et non pas d’une voiture simulée.



3.5.5. Acquisitions de trames GPS

Pour notre avant dernier TD, nous avons effectué des tests sur différents GPS, afin d’observer les différences qui pouvaient exister d’un modèle à un autre. L’expérimentation consistait donc à relier des antennes GPS à un ordinateur puis à comparer les différentes coordonnées obtenues :

GPS 1

Latitude : N : 49 23.1226

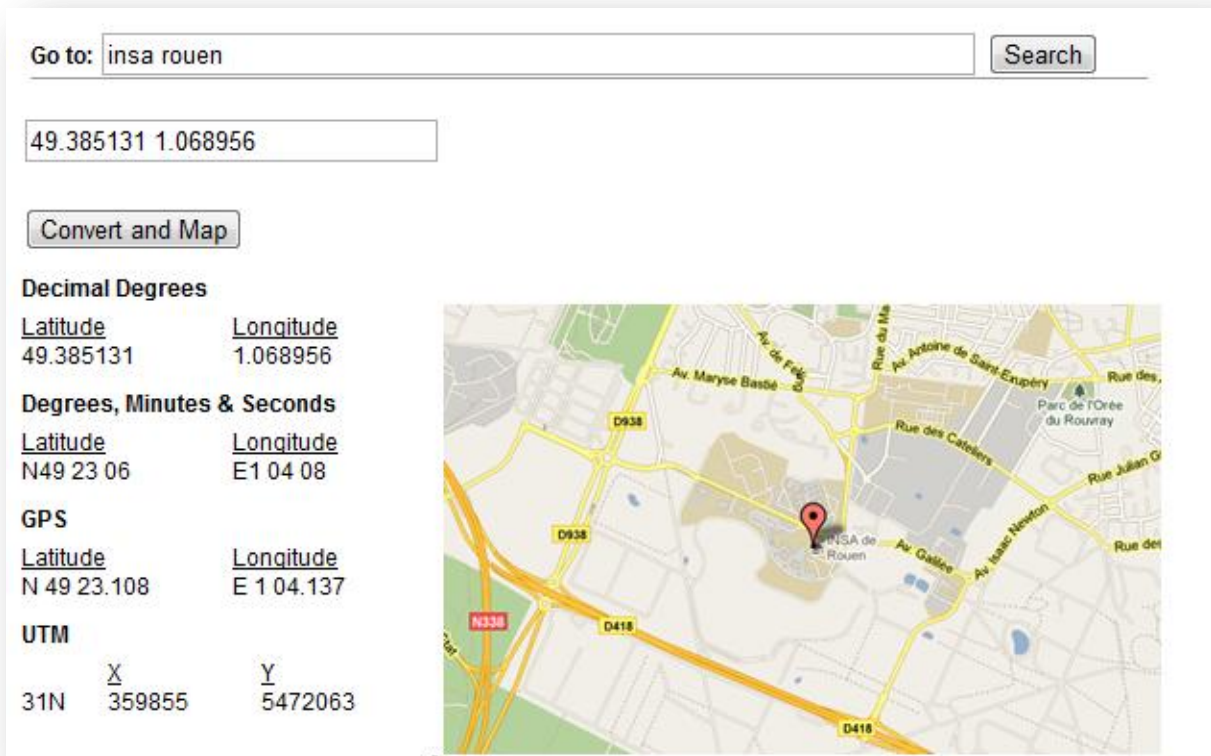
Longitude : E : 001 04.04

GPS 2

Latitude : N : 49 23.1310

Longitude : E : 001 04.04

On peut également comparer avec les données de Google map :



The screenshot shows a web-based coordinate conversion tool. At the top, there is a search bar with the text "insa rouen" and a "Search" button. Below the search bar, the coordinates "49.385131 1.068956" are entered in a text field. A "Convert and Map" button is visible. The tool displays the following data:

Decimal Degrees		
Latitude	Longitude	
49.385131	1.068956	
Degrees, Minutes & Seconds		
Latitude	Longitude	
N49 23 06	E1 04 08	
GPS		
Latitude	Longitude	
N 49 23.108	E 1 04.137	
UTM		
31N	X	Y
	359855	5472063

On the right side of the tool, there is a map showing the location of INSA de Rouen, marked with a red pin. The map includes street names such as Av. Maryse Bassé, Av. de Fédou, Rue du Ma, Av. Antoine de Saint-Exupéry, Rue des Cabliers, Parc de l'Orée du Rouvray, Rue Julian G, Av. Galilee, and Av. Louis Newton. Road numbers D938, D418, and N338 are also visible.

Par ailleurs, on peut se servir de ce genre d’expérimentation afin de vérifier la précision d’un GPS. On se place sur une position dont on connaît l’exacte position et on compare avec les données obtenues. Dans notre cas les résultats sont plutôt satisfaisants ou du moins très vraisemblables par rapport aux données de Google map.

4. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

4.1. Conclusion générale

Tout d'abord, il nous paraît raisonnable d'avouer qu'en début de semestre, nous ignorions, pour la plupart d'entre nous, l'existence même du projet PUMAS. Le premier bénéfice apporté par ce projet de P6-3 a donc été de découvrir un projet de grande envergure, représentant ainsi une opportunité d'enrichissement personnel non négligeable. En outre, au fil du temps et au fur et à mesure que nous approfondissions notre connaissance du projet PUMAS, nous avons pu prendre réellement conscience des techniques, des personnes, des technologies mobilisées en amont comme en aval de ce projet.

Par ailleurs, ce projet nous a également permis de réaliser les applications pratiques des enseignements théoriques qui nous sont dispensés. Si parfois, formules, équations et théorèmes peuvent nous paraître bien abstraits, ce projet a été bénéfique dans le sens où nous avons pu visualiser ces notions de façon concrète.

Enfin, le véritable succès de ce projet a été de nous fédérer. En effet, pendant ce quatrième semestre, nous formulons nos vœux quant à nos départements futurs en fonction des affinités de chacun pour certaines thématiques scientifiques. Certains clivages peuvent alors apparaître. Si ces derniers existaient dès les débuts, nous pouvons désormais affirmer qu'ils ont totalement été dépassés grâce à un formidable esprit de groupe, nous permettant ainsi de travailler conjointement sur un même sujet et ce malgré les divers départements auxquels nous nous destinons.

4.2. Conclusions personnelles

Olivier :

« J'ai trouvé ce projet très intéressant étant donné qu'il m'a permis de travailler sur les systèmes permettant l'acquisition et le traitement des données trafic, technologies qui sont amenées à connaître un fort développement dans les années futures. Tout au long de ce projet j'ai pu enrichir mes connaissances sur les technologies embarquées dans les véhicules mais également réaliser la complexité de la mise en place d'un tel dispositif pour étudier le trafic. Ce projet a également été l'occasion de visiter L'INRIA, centre de recherche dédié aux sciences et technologies du numérique. Cette visite fut très enrichissante puisqu'elle m'a permis de voir comment fonctionne un laboratoire de recherche réparti sur plusieurs pôles.

Enfin, dernier point et non des moindres, le projet a été l'occasion de travailler en équipe. En tant qu'élève ingénieur, ceci n'est pas à négliger étant donné qu'un ingénieur est souvent amené à travailler en équipe lors de projets. »

Anthonin :

«Ce projet m'a été d'une grande utilité autant sur le point méthodologique (travailler dans un groupe de projet) que sur le point culture générale, scolaire & professionnelle (le fait d'en apprendre sur l'automatisme, les discussions avec le personnel de l'INRIA autant sur les projets que sur le travail de recherche lui-même ou encore les présentations faites par les étudiants travaillant sur le projet).

Par la suite, j'espère encore entendre parler de ce projet qui me semble être très prometteur.»

Thibault :

« Ce projet de P6-3 m'a fortement intéressé et m'a permis de découvrir une nouvelle facette de l'informatique. Notre projet réunissait aussi bien la gestion de donnée, que les théories mathématiques à appliquer, ainsi que l'étude des technologies de géolocalisation. Tout ceci m'a donc permis de comprendre plus en détails le monde de la gestion du trafic automobile. Enfin, nous avons pu avoir un aperçu du métier d'ingénieur grâce aux travaux que notre groupe avait effectué en équipe, et grâce aux interventions de personnes du département ASI. »

Anne-Sophie :

« Me destinant au département CFI, j'avais, au début de ce projet, quelques appréhensions du fait que celui-ci nécessitait des bases en informatique et mathématiques. Néanmoins, l'esprit de groupe et d'entraide a très vite joué son rôle et je me suis donc particulièrement intéressée au projet Pumas, qui m'aura apporté beaucoup sur le plan des connaissances personnelles. En résumé, je dois dire que le bilan est on-ne-peut plus positif dans le sens où ce projet a été très enrichissant. »

Confucius :

« Je pense que ce projet a été très enrichissant pour l'ensemble des gens qui y ont participé. Dans mon cas précis, j'ai énormément appris de choses en matière de simulation, de trafic, d'estimations de congestions, d'automatisation de véhicules et même de législation aussi bien sur les GPS que sur les droits de mise en service de véhicules totalement automatisés.

Par ailleurs nous avons pu nous familiariser avec la lecture de documents scientifiques en anglais, ça n'était vraiment pas une chose facile au début, mais c'est finalement une chose à laquelle nous nous sommes tous finalement bien habitués. En plus de cela, travailler en équipe tout au long de l'année a été une très bonne chose, faire des courtes présentations en équipe est devenu notre quotidien. En résumé, de l'anglais scientifique et du travail d'équipe, deux très bons apports pour notre future vie professionnelle !

Pour finir, en ce qui me concerne la suite, lorsque l'INSA disposera des véhicules, si j'ai déjà obtenu mon permis, je serai heureux de continuer à m'impliquer dans le projet, en allant par exemple faire de l'acquisition de données en ville et j'espère que d'autres membres du groupe suivront ! »

Laurent :

« Je pense que grâce à ce projet nous avons pu élargir notre domaine de connaissance. Nous avons étudié un domaine jusque-là peu abordé dans notre cursus.

Il nous a permis de découvrir plus en profondeur le fonctionnement des appareils GPS. Nous les avons souvent croisés dans notre vie sans vraiment nous y intéresser. Il nous a aussi permis de travailler en groupe ce qui est un plus dans notre cursus d'élève ingénieur.

Enfin, La visite de l'INRIA a été très instructive, nous avons pu ainsi voir des projets sur lesquels travaillaient les ingénieurs. »

4.3. Perspectives de projet

Nous sommes très satisfaits du sujet sur lequel nous avons travaillé. Nous estimons que nous avons à peu près découvert tous les points essentiels et accessibles à des élèves de deuxième année lors de ce projet.

C'est pourquoi nous pensons qu'il n'est pas réellement nécessaire de poursuivre l'étude du projet PUMAS. Toutefois, au cours de ce projet, nous avons pu découvrir les logiciels de simulation qui peuvent désormais prendre en compte un grand nombre de paramètres afin de prévoir au mieux la réalité (trafic routier, congestions de piétons dans les grands stades...). Ainsi, nous estimons qu'une étude portant sur de tels simulateurs pourrait être réellement intéressante. Les étudiants pourraient alors découvrir toutes les technologies mises en jeu lors de l'élaboration de ces simulateurs.

5. BIBLIOGRAPHIE

- [1] www.Pumas.inria.fr/* (valide à la date du 11/06/2011).
- [2] www.imara.inria.fr (valide à la date du 11/06/2011).
- [3] www.intempora.com/maps (valide à la date du 11/06/2011).
- [4] Plaquette information INRIA
- [5] <http://fr.wikipedia.org/wiki/NMEA> (valide à la date du 14/06/2011).
- [6] Article concernant le Map matching :
[Map Matching Algorithm and Its Application.](#)
- [7] http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9cepteur_GPS (valide à la date du 14/06/2011).
- [8] http://fr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System
(valide à la date du 15/06/2011).

6. ANNEXES

6.1. Annexe 1

Nom : Voiture ou pas ?

Rôle : déterminer si une personne prendra la voiture ou non.

Entrée : Genre **Genre**, possesseur de sa propre voiture **O: Booléens**; (o comme owner)

Revenus **R**, distance au lieu de travail **D**, temps de trajet **T**, prix du stationnement **P**, montant rembourser par l'entreprise pour les frais de transports **M: Réels**

Sortie : **Pi** probabilité de prendre la voiture : Réel

Entrée/ sortie :

Déclaration : **Sexe, Propriétaire, epsilon**

{

Demander **Genre** = M ou F

Si **Genre**= M alors

Sexe= 0.121

Sinon **sexe** = 0.111

Demander si **O** = VRAI ou FAUX

Si **O** = VRAI alors

Propriétaire= 0.25

Sinon **Propriétaire** = 0.152

Demander valeur de **R, D, T, P, M**

Demander **B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7**

$Z_i = B_0 + B_1 \text{sexe} + B_2 * O + B_3 * R + B_4 * D + B_5 * T + B_6 * P + B_7 * M + \text{Eps}$

Eps= random[0; 10⁻⁵]

$P_i = \frac{\exp(z_i)}{1 + \exp(z_i)}$

Ecrire la probabilité de prendre la voiture est de **Pi**

}

6.2. Annexe 2

Traduction en C de cet algorithme :

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

int main()
{
    float R, D, T, P, M;
    char reponse1, reponse2;
    float b0,b1,b2,b3,b4,b5,b6,b7;
    float zi;
    float pi;
    float sexe,O;
    printf ("Veuillez entrer votre revenu en eu euros : ");
    scanf ("%f", &R);
    printf ("Veuillez entrer la distance à votre lieu de travail en km : ");
    scanf ("%f", &D);
    printf ("Veuillez entrer le temps de votre trajet : ");
    scanf ("%f", &T);
    printf ("Veuillez entrer le prix de vos frais de stationnement : ");
    scanf ("%f", &P);
    printf ("Veuillez entrer le montant rembourser par votre société sur vos frais de transports : ");
    scanf ("%f", &M);

    printf ("Etes vous un homme M ou une femme F : ");
    scanf ("%c", &reponse1);

    if (reponse1 == 'F')
        sexe=0.2;
    else
        sexe= 0.3;

    printf ("Possédez vous votre propre voiture oui Y ou non N : ");
    scanf ("%c", &reponse2);

    if(reponse2 == 'Y')
        O=0.3;
    else
        O=0.04;
    b0=1; b1=1; b2=1; b3=1; b4=1; b5=1; b6=1; b7=1;

    int eps = 0 + (int)((double)rand() / ((double)RAND_MAX + 1) * 0.0000001);

    zi= b0+b1*sexe + b2*O + b3*R + b4*D +b5* T + b6* P + b7* M + eps;
    pi= exp(zi)/(1+exp(zi));
    printf( " La probabilité de prendre la voiture est de %f ", pi);
    printf(" pour info la valeur de zi est %f ", zi);
    return 0;
}
```