

Utilisation du système de positionnement par satellites (GPS) et des outils d'exploration et d'analyse SOLAP pour l'évaluation et le suivi de sportifs de haut niveau

J-P. Veilleux, M. Lambert, R. Santerre, Y. Bédard
Centre de recherche en géomatique, Pavillon Casault
Université Laval, Québec, G1K 7P4, Qc, Canada

Jean-Philippe Veilleux est actuellement candidat à la maîtrise en sciences géomatiques à l'Université Laval et a complété son baccalauréat en sciences géomatiques à cette même université. Jean-Philippe concentre principalement ses études sur la géodésie et la technologie GPS appliquée aux sports. Il a travaillé au niveau de l'acquisition et de la gestion de données spatiales pour la Garde Côtière Canadienne et au Ministère des Transport du Québec. Il a réalisé un système de gestion de taxis par GPS pour la coopérative Taxi Coop (un résumé de ce projet a été publié dans la revue Géomatique d'octobre 2003).

Mélanie Lambert a complété son baccalauréat en sciences géomatiques à l'Université Laval et elle est présentement candidate à la maîtrise en sciences géomatiques à l'Université Laval. Son domaine d'étude est celui des bases de données et des outils SOLAP. Dans le cadre d'un stage de 1er cycle au Centre de Recherche en Géomatique, elle a participé au projet GEMURE (Généralisation et représentation multiple) du réseau des centres d'excellence GEOIDE. Au cours de ce stage, elle a construit une application de cartographie sur demande à travers le Web tirant profit d'une nouvelle structure de base de données nommée VUEL qui facilite la navigation à travers différentes représentations de mêmes objets stockés dans une base de données.

Dr Santerre, ingénieur et arpenteur géomètre, est professeur titulaire de géodésie-GPS au Département des sciences géomatiques de l'Université Laval. Il est chercheur régulier au Centre de Recherche en Géomatique. Il possède plus de vingt années d'expérience en recherche dans le domaine du positionnement par satellites GPS. Ses compétences en GPS sont reconnues mondialement et il a participé à la recherche et au développement de plusieurs progiciels de traitement des mesures GPS. Il est aussi détenteur de 2 brevets d'invention pour des appareils GPS.

Dr Bédard est professeur en SIG et bases de données géospatiales depuis 1986. Il est membre du Centre de Recherche en Géomatique (CRG) où il effectue des travaux en modélisation de base de données et en systèmes analytiques géodécisionnels. Il a été directeur du CRG pendant 7 années. Dr Bédard a un important palmarès en recherche fondamentale et appliquée, dont plusieurs projets impliquant des organisations gouvernementales et industrielles. Il a formé au-delà de 1000 professionnels sur 3 continents et a publié comme auteur principal ou coauteur 300 articles et conférences nationales et internationales. Il est aussi très actif dans le réseau canadien de centres d'excellence en géomatique GEOIDE. Finalement, il est impliqué dans différentes associations et journaux scientifiques ainsi que dans des comités provincial et fédéral, privés, publics et professionnels. Il est titulaire de la nouvelle chaire industrielle CRSNG du Canada en bases de données géospatiales décisionnelles.

Résumé

Lors d'une course d'un athlète de haut niveau, une fraction de seconde fait souvent toute la différence. Cependant, il existe peu d'outils permettant de mesurer la trajectoire, la vitesse et l'accélération d'un athlète avec une précision spatiale et une résolution temporelle suffisante pour quantifier sa performance et suivre l'évolution de celle-ci avec les entraînements. L'utilisation du système GPS (Global Positioning System) offre un positionnement avec une précision

centimétrique et des vitesses précises à quelques centimètres par seconde, et ce, à une fréquence de 20 Hz. Ceci permet d'apprécier le déplacement de l'athlète et d'extraire des informations cinématiques non disponibles jusqu'à présent. L'ajout d'un volet SOLAP (Spatial On-Line Analytical Processing) permettra de plus aux entraîneurs d'obtenir facilement et rapidement des statistiques concrètes afin d'obtenir des rétroactions précises sur la performance d'un athlète et surtout sur les variations de cette performance à l'intérieur d'une course, dans le temps (jours, semaines, années) et par rapport à d'autres athlètes. Ce projet vise la mise en place d'un système optimal d'acquisition, traitement et gestion de données GPS et de leur analyse grâce à un SOLAP. L'intégration GPS-SOLAP a pour but d'offrir un outil optimal, précis et convivial qui répondra aux besoins des entraîneurs.

Abstract

Actually, there is no conventional instrument for measuring precise position, velocity and acceleration with a high sampling rate to quantify the performance of high level athletes. With the Global Positioning System (GPS) technology, positions at centimetre level accuracy and velocities to an accuracy of a few centimetres per second at a sampling rate of 20 Hz can be obtained. The first objective of this research is to find the best GPS methodology to get as easily as possible precise position, velocity and acceleration of athletes with equipments and software at a price as low as possible. Coaches also wish to obtain statistics on the current athletes' performances in a fast and exact manner to adapt their training and to support the athlete's success. In this way, the second objective of this research is to analyze in a Spatial On-Line Analytical Processing (SOLAP) system spatio-temporal data, in a fast and intuitive way while exploiting the spatial reference of these data. The final goal of this research is to integrate two performing geomatic tools GPS and SOLAP to help the coaches to evaluate their athlete's performance and to improve their trainings.

Introduction

Depuis les dernières décennies, les sports olympiques de haut niveau évoluent au rythme des technologies. Grâce à celles-ci, les athlètes peuvent ainsi retrancher des fractions de seconde qui font souvent toute la différence. Cependant, il existe peu d'outils permettant de mesurer la vitesse d'un athlète avec une précision spatiale et une résolution temporelle suffisante pour pouvoir quantifier la performance et de suivre l'évolution de celle-ci avec l'entraînement. Les analyses qualitatives par vidéo manquent de précision et le chronométrage manuel avec l'utilisation de temps intermédiaire, bien que encore la norme, permet seulement d'obtenir des vitesses moyennes. Ce qui ne rend pas possible la comparaison des trajectoires et l'identification avec précision de l'endroit et le moment où un athlète modifie sa performance. Par contre, l'utilisation du système de positionnement GPS (Global Positioning System) apporte un positionnement avec une précision centimétrique et des vitesses précises à quelques centimètres par seconde, et ce, à un taux de 20 Hz. Cette précision permet d'apprécier le déplacement de l'athlète et d'extraire des informations cinématiques non disponibles jusqu'à présent. L'objectif de ce projet de recherche vise la mise en place d'un système optimal d'acquisition, de traitement, de gestion et d'analyse de données GPS. En premier lieu, la méthode optimale pour la détermination de la position (P), de la vitesse (V) et de l'accélération (A) d'un athlète à l'aide des mesures GPS sera présentée. En deuxième lieu, l'outil SOLAP qui permet l'exploitation et l'analyse des données recueillies sur la performance (PVA) des athlètes au cours de leurs entraînements sera abordé.

1. Détermination de la position, de la vitesse et de l'accélération par mesures GPS

La précision de la position, de la vitesse et de l'accélération obtenue par mesures GPS dépend de la méthode d'acquisition et de traitement des données GPS. Le traitement peut être effectué en temps quasi réel ou bien en post-traitement. En ce moment, le post-traitement est priorisé puisqu'il n'est pas essentiel pour l'athlète et l'entraîneur de visualiser les données pendant la course. De plus, le temps réel ne permet pas pour l'instant un taux d'échantillonnage très élevé et est plus coûteux. Mais éventuellement, le traitement en temps réel sera visé. Les principaux critères pour le choix d'une méthodologie optimale d'acquisition et de post-traitement de données GPS sont les précisions obtenues pour les vitesses, les accélérations et les positions, le taux d'échantillonnage, le poids et le volume de l'équipement, de même que la rapidité et la facilité du traitement et aussi le coût.

Suite aux premiers tests réalisés en patinage de vitesse extérieur sur l'anneau de glace Gaétan Boucher à Québec, on constate qu'il est possible d'effectuer une analyse très intéressante de la performance d'un athlète lorsque certains critères directement reliés à la précision des données recueillies sont respectés. Premièrement, puisque la vitesse et l'accélération sont des données primordiales, une précision de la vitesse de ± 10 cm/s est requise pour distinguer nettement l'amplitude et la cadence de chacune des poussées des patineurs. L'accélération permet quant à elle de quantifier la force des poussées et une précision de ± 20 cm/s² apparaît suffisante. Deuxièmement, la position de l'athlète permet de faire une analyse de la trajectoire empruntée par celui-ci relativement aux corridors de la piste. Puisqu'il s'agit surtout d'une analyse qualitative, une précision de ± 50 cm est alors jugée satisfaisante. Troisièmement, la fréquence d'acquisition des données est un critère aussi important que la précision des résultats. Afin de bien discerner chacune des poussées d'un patineur qui est de l'ordre d'environ une par seconde (1 Hz), un taux d'échantillonnage de 10 Hz ou plus est nécessaire. Dans les prochaines sections, ces trois critères seront abordés plus en détail de même que les méthodologies les plus intéressantes pour l'acquisition et le post-traitement de données GPS seront présentées.

Lors du choix de la méthodologie GPS, d'autres critères doivent aussi être pris en considération. Puisque l'athlète doit transporter le récepteur et l'antenne GPS avec lui, le poids et le volume de l'équipement doivent être réduits le plus possible. Lorsque les courses sont terminées, le transfert et le traitement des données doivent se faire facilement et rapidement. Enfin, l'équipement GPS choisi doit être le moins cher possible et être facilement transportable sur les lieux de compétition.

1.1 Précision de la vitesse par mesures GPS

Une première façon de calculer la vitesse à l'aide d'un récepteur GPS pourrait simplement être de calculer la distance parcourue entre deux positions consécutives de l'antenne GPS puis de faire le rapport entre cette distance et le temps pris pour la parcourir. Par contre, les positions sont des données obtenues suite à différents traitements effectués à partir des mesures Doppler, de pseudo distance et de phase qui sont directement mesurées par le récepteur GPS. Les positions étant donc des données dérivées de ces mesures elles sont donc plus bruitées que celles-ci. Ainsi, une vitesse calculée à partir des positions sera plus bruitée que si elle était calculée directement à partir des mesures Doppler ou de phase.

Une deuxième façon de mesurer les vitesses peut se faire à partir des mesures Doppler. Ces mesures de vitesse entre le récepteur et un satellite consistent en une différence de fréquence entre la fréquence nominale de l'onde GPS et la fréquence reçue. Selon le type de récepteur GPS

utilisé, les mesures Doppler sont précises jusqu'à ± 0.001 Hz soit ± 0.2 mm/s (Hofmann-Wellenhof *et al*, 1997.).

Les mesures de phase (leurs différences temporelles) peuvent aussi être utilisées pour déterminer la vitesse d'un mobile. Plus l'intervalle de temps entre deux mesures de phase est grand meilleure sera la précision de la vitesse. Par contre, lorsque le taux d'échantillonnage diminue, par exemple à 1 Hz, la précision de la vitesse est meilleure, mais la vitesse obtenue est une vitesse moyenne durant une seconde contrairement à une mesure Doppler qui est quasi instantanée. Ainsi, si le taux d'échantillonnage devient trop bas, les fines variations de vitesse et la cadence du patineur ne seront plus perceptibles.

Des tests ont été effectués avec des récepteurs GPS NovAtel bi-fréquences. Les récepteurs étaient immobiles durant toute la session ce qui permettait de valider les vitesses obtenues puisque celles-ci devraient être nulles. Le Tableau 1 présente les vitesses planimétriques (en 2 dimensions) obtenues en mode absolu (1 récepteur) et en mode relatif (2 récepteurs). Pour chaque mode, les trois types d'observations ont été traités afin de déterminer le type de mesure qui procure la meilleure précision de la vitesse. Pour les différences temporelles de mesures de phase, elles ont été obtenues à des taux d'échantillonnages de 20, 10 et 1 Hz afin de connaître le gain de précision lorsque le taux diminue.

Tableau 1 : Précision de la vitesse planimétrique en mode absolu (A) et relatif (R)

Mode	Différence de position		Mesure Doppler		Différence temporelle de phase à 20 Hz		Différence temporelle de phase à 10 Hz		Différence temporelle de phase à 1 Hz	
	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R
Moyenne* (cm/s)	1.1	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0
Précision** (cm/s)	10.2	2.2	1.9	2.5	1.6	2.2	0.9	1.1	0.3	0.2

*Moyenne des vitesses planimétriques obtenues (la vraie valeur de vitesse planimétrique est de 0)

**La précision est l'écart type par rapport à 0 à 1σ (68% des cas) de l'ensemble des vitesses planimétriques obtenues pour une session de 10 minutes d'observations.

Le mode relatif permet d'éliminer les erreurs communes entre les deux récepteurs, ce qui est fort utile lorsqu'on désire effectuer du positionnement GPS. Toutefois, un désavantage important du positionnement relatif est qu'il requiert des mesures ou des corrections fournies par un deuxième récepteur (de référence). Par contre, lors du calcul de vitesse, ce n'est pas la magnitude des erreurs qui affectent les résultats, mais la variation de ces erreurs dans le temps. Puisque la plupart des erreurs qui affectent les signaux GPS, telles les erreurs d'orbites et d'horloges et les délais atmosphériques, ne varient pas rapidement alors le mode absolu (avec un seul récepteur) devient une alternative intéressante pour le calcul de vitesse. On remarque d'ailleurs que les précisions obtenues en mode absolu avec les mesures Doppler ou les différences temporelles de phase sont supérieures à celles obtenues en mode relatif. En effet, en positionnement relatif les différences de mesures entre deux récepteurs apportent plus de bruits que de corrections d'erreurs systématiques.

Ainsi, les tests précédents démontrent qu'une précision supérieure à 2 cm/s (68% de probabilité) peut être obtenue avec seulement un récepteur GPS lorsque celui-ci est immobile. Par contre, il est nécessaire de valider ces précisions lorsque le récepteur est en mouvement, comme lorsqu'un athlète se déplace. En effet, en mode cinématique, les observations du récepteur perdent un peu de leur précision puisqu'il doit élargir la largeur de sa bande de fréquence ce qui a pour effet

d'augmenter la présence de bruit environnant dans les signaux GPS captés. Le risque d'obstruction, de coupure de signaux est aussi beaucoup plus grand lorsque le récepteur est en mouvement que lorsqu'il est immobile.

Les Figures 1 et 2 présentent, pour une séquence de 5 secondes, les vitesses d'un patineur calculées en mode absolu avec les mesures Doppler à 20 Hz et les mesures des différences temporelles de phase à 10 Hz. Pour chacune de ces figures, on distingue nettement les poussées de l'athlète puisque chacun des pics de vitesses représente en alternance un coup de patin du pied droit ou du pied gauche.

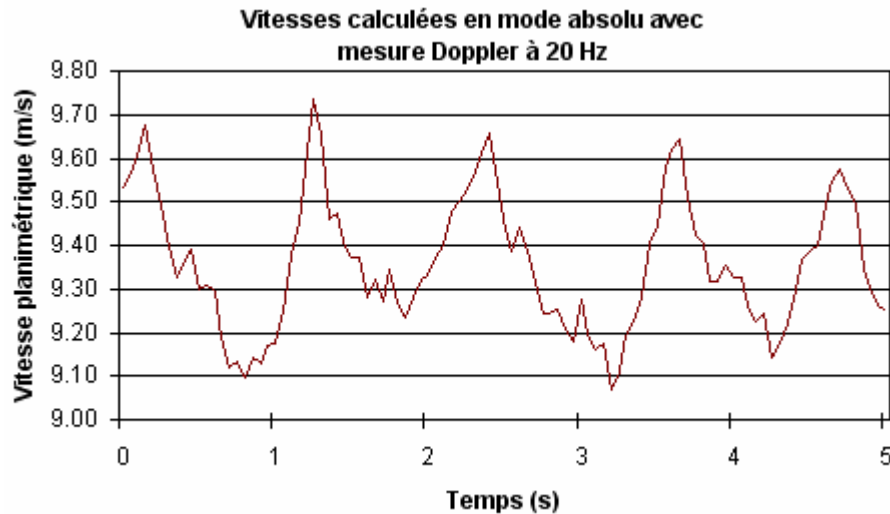


Figure 1 : Vitesses planimétriques calculées en mode absolu à partir des mesures Doppler à un taux d'échantillonnage de 20 Hz

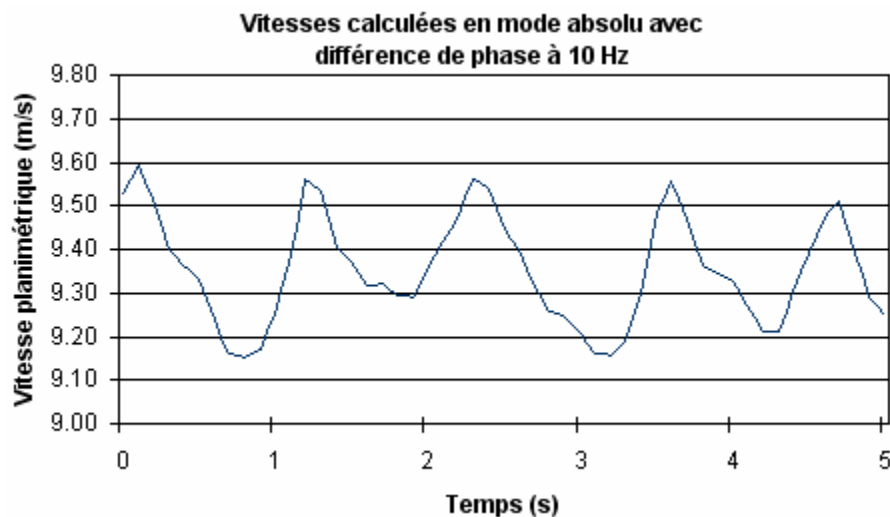


Figure 2 : Vitesses planimétriques calculées en mode absolu à partir de différence temporelle de mesure de phase à un taux d'échantillonnage de 10 Hz

On a remarqué que les résiduelles obtenues lors du traitement de mesures GPS en mode cinématique sont 2 à 3 fois plus grandes qu'en mode statique. Toute proportion gardée, on peut donc s'attendre à une précision de vitesse planimétrique de 5 cm/s ou mieux avec les mesures Doppler et 3 cm/s ou mieux avec les différences temporelles de mesures de phase à 10 Hz. Ces derniers résultats (10 Hz) sont moins bruités et donc plus précis. Cependant, la résolution

temporelle à 10 Hz est moindre qu'à 20 Hz ce qui explique la diminution de l'amplitude des pics de vitesses. En effet, les vitesses maximales et minimales, calculées à une fréquence de 10Hz, à chacune des poussées sont moindres que leur valeur réelle. Puisqu'à cette fréquence il s'agit de vitesses moyennes sur un intervalle de 0.1 seconde alors qu'à 20 Hz il s'agit de vitesses moyennes sur une durée plus courte soit de 0.05 seconde.

De la même manière que pour la vitesse, une évaluation des différents types de mesure et modes de traitement peut être effectuée afin de déterminer la meilleure méthode pour le calcul d'accélération. Au cours des prochains mois, différents tests seront effectués afin de connaître la précision de l'accélération obtenue de mesure GPS. Selon divers ouvrages portant sur la détermination d'accélération verticales des avions par mesure GPS, des précisions de quelques mm/s^2 jusqu'à quelques dixièmes de mm/s^2 peuvent être obtenues (Kennedy, 2003).

1.2 Détermination de la position par mesure GPS

Le mode relatif est une nécessité lorsqu'un positionnement centimétrique est requis, puisqu'il s'agit de la meilleure façon de corriger les erreurs qui affectent les mesures GPS. Les plus récents algorithmes de traitements permettent d'obtenir de 1 à 2 cm de précision avec des récepteurs géodésiques en mode relatif. Par contre, cette méthode exige l'utilisation de deux récepteurs GPS. Quant au mode absolu, la précision de la position peut atteindre quelques décimètres en utilisant des orbites et des corrections d'horloges précises (Kouba *et al.*, 2001). Puisqu'en plus de diviser les coûts d'acquisition d'équipement GPS en deux, l'utilisation d'un seul récepteur GPS simplifie grandement la collecte de données sur le terrain. Au cours des mois à venir, différentes stratégies seront à l'étude afin d'obtenir les précisions répondant aux besoins de différents sports.

De plus, une récente technique permettant d'extraire des mesures de phase d'un récepteur GPS bas de gamme est aussi à l'étude puisqu'elle permettra de tirer une information beaucoup plus précise que celle obtenue des mesures de code C/A et ce à un coût moindre et avec un poids beaucoup plus faible. Certains logiciels commerciaux tel *Rhino* de la compagnie *U.S. Positioning* (www.uspositioning.com) permettent d'ailleurs d'extraire les mesures de phase d'un récepteur GPS *Garmin*.

La Figure 3 illustre la trajectoire d'un patineur de vitesse effectuée dans un segment droit à l'anneau de glace Gaétan Boucher à Québec. Les limites des corridors de l'anneau de glace y sont représentées par les lignes vertes. En bleu, il s'agit de la trajectoire, précise à 2 cm, obtenue en mode relatif avec des récepteurs GPS géodésiques. En orange, il s'agit de la même course, mais traitée cette fois-ci en mode absolu.

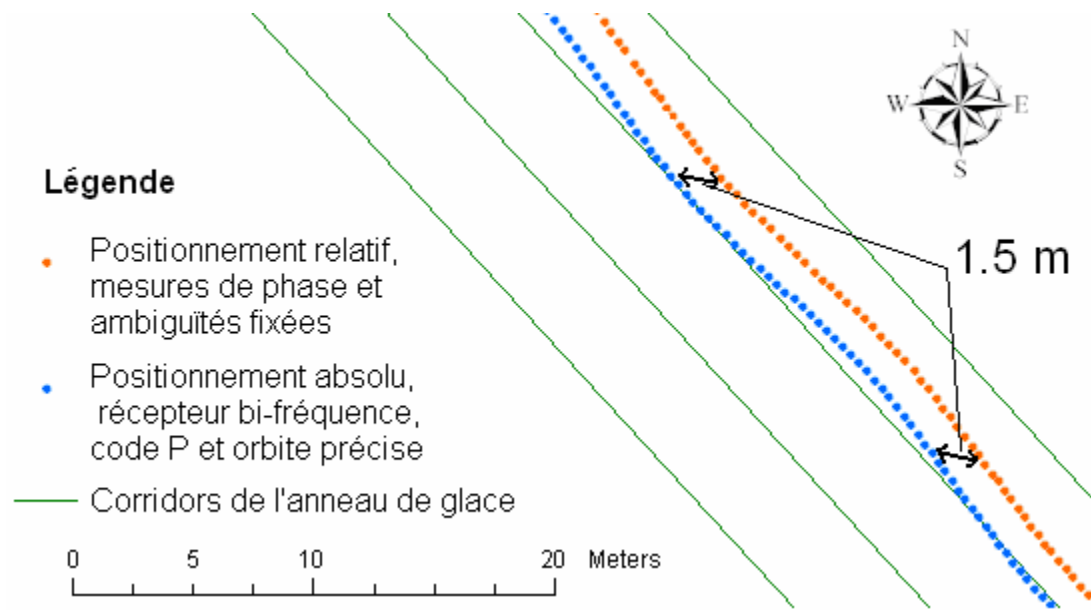


Figure 3 : Différence de trajectoire entre le mode absolu et relatif pour un même jeu de données

On peut observer, sur la Figure 3, un décalage de l'ordre de 2 m pour la trajectoire calculée en mode absolu. On peut aussi remarquer que tous les points de la trajectoire subissent le même décalage lorsque l'on modifie le mode d'acquisition. L'utilisation du mode absolu, bien que moins précis, permet tout de même de conserver l'allure générale de la trajectoire (à toute fin pratique, seule une translation est présente). De plus, la plupart des données obtenues par l'étude de la trajectoire, comme le temps pour faire un tour ou l'amplitude des mouvements latéraux du patineur à chaque poussée, demeurent précises. Par contre, la précision des positions n'est pas suffisante pour connaître, par exemple, le corridor à l'intérieur duquel se situe le patineur. Pour l'instant, un positionnement en mode absolu n'est pas convenable, mais diverses solutions sont à l'étude afin d'obtenir une précision décimétrique en mode absolu.

1.3 Taux d'échantillonnage

Un taux d'échantillonnage de 10 Hz ou plus est nécessaire afin de bien discerner chacune des poussées d'un patineur. Actuellement, les récepteurs GPS de type géodésique sont les seuls à offrir des fréquences plus élevées que 1 Hz. La fréquence d'acquisition des récepteurs GPS bas de gamme est de 1 Hz, mais les progrès sont très rapides dans ce domaine et des récepteurs GPS bas de gamme devraient offrir bientôt la collecte à 10 Hz.

1.4 Solutions intéressantes pour l'acquisition et le post-traitement des observations GPS

Jusqu'à maintenant, les recherches ont permis de faire ressortir trois solutions intéressantes pour la détermination de positions, de vitesses et d'accélération.

Solution performante

Deux récepteurs GPS géodésiques bi-fréquences permettant un taux d'échantillonnage de 20 Hz. Soit un récepteur monté sur le dos de l'athlète et le deuxième récepteur situé sur un point fixe au sol et qui est nécessaire afin d'effectuer un positionnement relatif.

Solution intermédiaire

L'utilisation d'un seul récepteur géodésique (20 Hz) mono-fréquence permettra d'obtenir une précision de la vitesse et de l'accélération tout aussi intéressante que la solution performante, mais une perte de précision du positionnement sera observée.

Solution économique

L'utilisation d'un seul récepteur bas de gamme mono-fréquence, avec un taux d'échantillonnage de 1 Hz (et 10 Hz dans le futur)

2. Un outil SOLAP pour l'exploitation et l'analyse des données recueillies

Un autre objectif important de ce projet de recherche est de développer un outil SOLAP (« Spatial On-Line Analytical Processing ») (Rivest et al 2001, Bédard et al 2001, 2003) permettant l'archivage et l'exploitation d'une base de données spatio-temporelles contenant des données sur les entraînements effectués par les athlètes. L'exploitation de ces données doit pouvoir s'effectuer à travers une interface-graphique facile d'utilisation pour l'entraîneur et fournissant des réponses très rapides. Avant d'entreprendre la conception d'un système SOLAP, s'assurer que ce type d'outil est celui qui répond le mieux aux besoins actuels des entraîneurs est primordial. Suite à cette confirmation, le système SOLAP doit être développé en vue de répondre aux besoins particuliers des entraîneurs en terme d'analyse. Pour ce faire, une analyse visant à identifier les besoins a été effectuée auprès de certains entraîneurs.

Comme le démontre la première partie de cet article, les données recueillies à partir d'un GPS porté par un athlète lors de son entraînement peuvent, suite à leur traitement, décrire assez précisément sa performance (position (P), vitesse (V) et accélération (A)) en tout point de la piste. Une fois les statistiques sur la performance recueillies et traitées, les entraîneurs ont manifesté le besoin d'archiver ces résultats pour ainsi effectuer ultérieurement des comparaisons dans le temps et suivre la progression de l'athlète. Pour ces entraîneurs, il est aussi primordial que les performances obtenues lors du dernier entraînement soient présentes dans les résultats d'analyse en très peu de temps, soit aussitôt qu'ils en ont besoin (*Just in time*). En effet, ils veulent obtenir des statistiques sur les performances actuelles des athlètes de façon rapide et exacte pour ainsi pouvoir rapidement adapter leur entraînement et favoriser le succès de l'athlète. Le futur système doit donc rapidement traiter et calculer les nouvelles statistiques suite au téléchargement des données d'un nouvel entraînement.

2.1 Analyse des besoins

Suite à une rencontre avec un entraîneur de patinage de vitesse, les besoins spécifiques en terme d'analyse de performances d'athlètes pratiquant ce sport ont pu être identifiés. Certains de ces besoins sont : obtenir rapidement des rétroactions précises sur la performance (vitesse, accélération) d'un athlète pour des parties spécifiques de la piste et sur les variations de cette

performance au cours du temps (jours, semaines, années), d'effectuer des analyses de performance intra- et inter-athlètes, ou encore d'effectuer des comparaisons selon certains critères mécaniques ou conditions météorologiques.

Afin de répondre à l'ensemble des besoins identifiés, un outil d'analyse, simple d'utilisation, doit être défini et mis en place pour ainsi faciliter le travail d'analyse des entraîneurs. Ce système doit non seulement permettre d'effectuer des comparaisons dans le temps, mais aussi afficher rapidement les résultats du dernier entraînement. De plus, il doit pouvoir répondre très rapidement autant à des requêtes du niveau détaillé (la vitesse instantanée atteinte en un point) qu'à des requêtes de type agrégative (l'accélération moyenne dans la courbe, la vitesse moyenne pour les entraînements de la journée, de la semaine ou du mois, la vitesse moyenne pour les entraînements effectués avec un vent du nord-est, etc.).

Pour simplifier l'analyse des entraîneurs, un volet spatial doit se retrouver sur l'interface graphique du système. Les données recueillies à partir du GPS possèdent une référence spatiale pouvant et devant être exploitée lors des analyses. Grâce à l'ajout d'un volet spatial au système, l'entraîneur peut obtenir des résultats d'analyse pour des endroits spécifiques de la piste tout en visualisant à l'instant même l'endroit exact sur la piste où ces résultats ont été atteints. La Figure 4 illustre l'exemple d'une analyse demandant la vitesse moyenne atteinte par tous les athlètes dans la première moitié de la première courbe. Le système affiche le résultat et sélectionne en rouge la partie de la piste sur laquelle porte l'analyse.

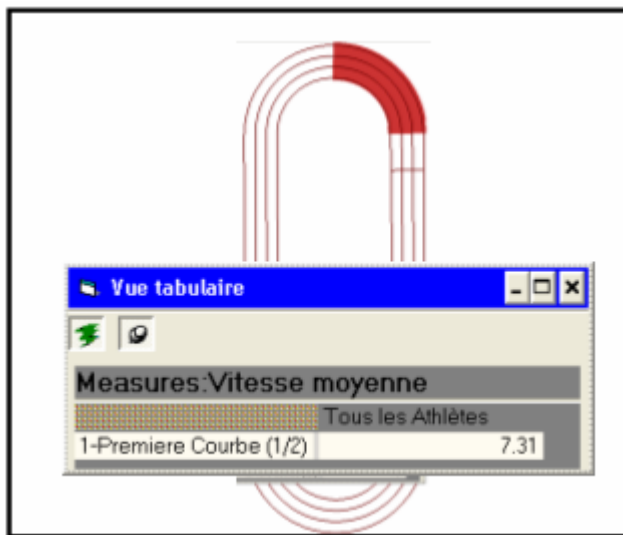


Figure 4 : Identification de la section de la piste où le résultat (vitesse moyenne (m/s)) a été atteint

2.2 Le SOLAP-SPORT

En considérant les besoins généraux identifiés chez les entraîneurs et les besoins spécifiques d'analyse de l'entraîneur de patinage de vitesse, tout porte à croire qu'un outil SOLAP est l'outil idéal et le plus approprié pour répondre à ces besoins. Les outils SOLAP sont apparus suite à un regroupement des fonctionnalités offertes par les outils OLAP (« On-Line Analytical Processing » ; voir Codd et al. 1993, Olap Council et Thomsen 1997) et celles offertes par les outils SIG (Système d'Information Géographique). On retrouve dans un outil SOLAP deux volets; le volet spatial et le volet OLAP. Pour mettre en place le volet spatial, les niveaux hiérarchiques de la dimension spatiale doivent être choisis au préalable. Pour le volet OLAP, les dimensions et les mesures faisant partie du cube d'analyse doivent être définis. Pour la définition

des termes *dimension*, *mesure* et *cube*, le lecteur est invité à consulter les références de base sur les outils OLAP [Codd et al. 1993, Olap Council et Thomsen 1997]

2.2.1 Caractéristiques du volet spatial

Dans le cadre du projet et pour l'application en patinage de vitesse, la dimension spatiale est la représentation de la piste de patinage de vitesse, c'est-à-dire l'anneau Gaétan Boucher. Étant donné que les statistiques pour des parties spécifiques de la piste font partie des besoins des entraîneurs, la dimension spatiale doit être découpée en plusieurs niveaux hiérarchiques. La dimension spatiale nommée *Découpage de la piste* possède alors quatre niveaux (1-Piste en entier, 2-Segments, 3-Sous-Segments et 4-Segments atomiques). La Figure 5 illustre les quatre niveaux hiérarchiques de la dimension spatiale. Les membres d'un niveau hiérarchique y sont représentés par des couleurs différentes (Niveau 2) ou des couleurs et teintes différentes (Niveau 3 et 4).

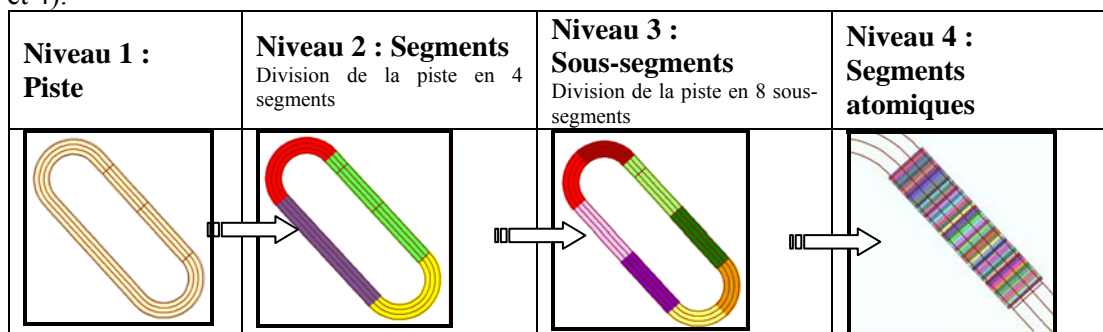


Figure 5 - Découpage de la piste en quatre niveaux hiérarchiques

Grâce à ce découpage, l'utilisateur (entraîneur) peut obtenir la vitesse, l'accélération, la durée ou encore la cadence (les mesures) pour la piste, un segment, sous-segment ou un segment atomique. Il peut donc identifier l'une de ces sections spécifiques et obtenir des graphiques vitesse-temps pour la section en particulier.

2.2.2 Caractéristiques du volet OLAP

Une étape importante lors de la mise en place d'un outil SOLAP est l'identification des thèmes d'analyse que doit offrir le système à travers l'interface-graphique. Les thèmes, nommés *dimensions* dans le langage des outils d'analyse OLAP, sont directement choisis à partir des besoins des entraîneurs. Pour l'analyse des entraîneurs, un premier cube a été construit à partir de certaines de ces dimensions (Temps, Athlète, Niveau, Sexe, Météo, Direction du vent, Vitesse du vent, Épreuve, Tour), de la dimension spatiale (Découpage de la piste) et des mesures suivantes : vitesse et durée. L'exploitation de ce cube via le SOLAP permet d'effectuer des analyses répondant à plusieurs besoins des entraîneurs grâce à une navigation interactive dans les données agrégées ou fines tant dans la représentation cartographique de la piste que dans les tableaux statistiques et les graphiques statistiques.

2.3 Peuplement du SOLAP

Bien que le cube offre des statistiques concrètes sur des entraînements effectués au cours de l'hiver 2004 (données recueillies pour le projet), un problème apparaît pour le peuplement rapide et efficace suite à un téléchargement d'un nouvel entraînement. En effet, parmi les besoins notés auprès des entraîneurs, on retrouvait le besoin d'obtenir des statistiques de façon rapide suite à un entraînement (voir section 2.1). Une solution informatique automatique doit donc être trouvée.

Cette solution repose sur une architecture facilitant l'intégration de données décrivant des mesures GPS et de données caractérisant la journée d'entraînement pour ainsi obtenir des résultats statistiques rapidement.

Pour mettre en place l'architecture, une analyse technologique a été effectuée. Lors de cette analyse technologique, différents critères ont été pris en compte. Le Tableau 2 présente l'ensemble de ces critères et les contraintes associées.

Tableau 2 : Critères technologiques et contraintes

Critères	Contraintes
Le système doit fonctionner sur un ordinateur portable sans connexion Internet	L'espace mémoire requis pour l'installation des logiciels et la base de données doit être inférieure à 40 Go. Le serveur de base de données (SGBD) doit pouvoir être installé en local sur le portable
Le système SOLAP doit être abordable pour un entraîneur	Le coût des licences des logiciels choisis doit être minimal
La performance offerte doit répondre aux besoins des entraîneurs	Le SGBD doit supporter des quantités de données assez importantes Le rafraîchissement du volet spatial doit être rapide

2.4 Avantages éventuels pour les athlètes et le milieu sportif

L'un des avantages de la mise en place d'un outil SOLAP pour l'analyse de performance d'athlètes de haut niveau est la possibilité de comparer, de façon rapide et intuitive (par de simples clics de la souris), des entraînements complets ou des sections d'entraînement (Découpage de la piste), à travers le temps, effectués par des athlètes différents ou bien avec des facteurs météorologiques ou mécaniques particuliers.

Les positions instantanées obtenues avec le GPS sont très révélatrices sur la trajectoire empruntée par l'athlète (ex : courbe serrée). On retrouve sur la figure 6 les trajectoires empruntées au cours du premier tour d'un entraînement effectué par deux athlètes différents. Les points en vert (positions instantanées) représentent un athlète s'exerçant dans le corridor de pratique alors que ceux en bleu montrent le parcours d'un autre athlète effectuant des tours dans le corridor intérieur. Même si les athlètes ne sont pas dans des corridors identiques, on constate assez rapidement que l'athlète en vert prend les courbes de façon beaucoup plus serrée que l'athlète en bleu. Ces caractéristiques sur la technique d'un athlète peuvent être déduites seulement si le système d'analyse possède un volet spatial.

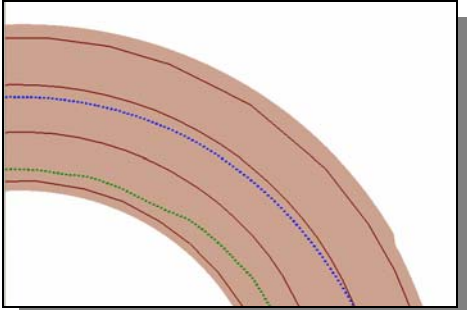


Figure 6 - Différentes trajectoires empruntées par les athlètes

En offrant un volet spatial, le système permet aussi aux entraîneurs de découvrir d'autres relations entre les thèmes d'analyse (dimensions) ainsi que des lacunes dans la technique de l'athlète à des endroits précis de la piste (ex : type d'aiguisage plus efficace dans les courbes, perte de vitesse dans le début de la courbe, vitesse non constante dans un tour complet, etc.)

Travaux futurs

La suite de ce projet permettra de valider sur le terrain à quel point l'utilisation d'un tel système par les entraîneurs leur permettra d'améliorer les performances de certains athlètes. La précision du GPS combinée avec les capacités du SOLAP leur permettra d'effectuer des analyses précises qu'ils ne pouvaient réaliser auparavant. De plus, la facilité d'utilisation des systèmes SOLAP permet aux nouveaux utilisateurs de devenir rapidement autonomes et ainsi favorise grandement leur utilisation comparativement à d'autres systèmes existants.

Remerciements

Nous remercions nos collaborateurs M. Normand Teasdale et M. Martin Simoneau professeurs de kinésiologie à l'Université Laval de même que M. Vincent Cantin, professionnel en kinésiologie, pour leur participation au projet. Nous remercions également le Centre National Multisport-Montréal (CNMM) et les Fonds québécois de la recherche sur la nature et les technologies (FQRNT) pour leur intérêt et leur contribution financière.

Références

Bédard, Y.; Gosselin, P.; Rivest, S.; Proulx, M.J.; Nadeau, M.; Lebel, G.; Gagnon, M.F. (2003). «Integrating GIS Components with Knowledge Discovery Technology for Environmental Health Decision Support», *International Journal of Medical Informatics*, 70, pp. 79-94.

Bédard, Y.; Merrett, T.; Han, J. (2001). «Fundamentals of Spatial Data Warehousing for Geographic Knowledge Discovery», dans H. Miller et J. Han (éds). *Geographic data Mining and Knowledge Discovery*. Londres-New York, Taylor & Francis, pp. 53-73.

Codd, E.F., S.B. Codd & C.T. Salley, 1993, Providing OLAP (On-Line Analytical Processing) to User-Analysts: An IT Mandate, Hyperion white papers, <http://www.hyperion.com>, 20 pp.

Hofmann-Wellenhof, B.; Lichtenegger, H. and J. Collins (1997). "Global Positioning System: Theory and Practice", *Fourth edition Springer-Verlag Wein New York*, 389 p.

Kennedy, S. L. (2003). "Precise acceleration determination from carrier-phase Measurements", *Navigation: Journal of The Institute of Navigation*, vol. 50, No. 1, pp. 9-19.

Kouba, J. and P. Heroux (2001). "Precise Point Positioning using IGS Orbit products", GPS Solutions, Fall 2001, Vol. 5, No. 2, pp. 12-28.

Lambert, M. (2002). "Utilisation du GPS pour l'analyse de performances sportives", Mémoire de M. Sc., Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval, 144 p.

Maltais, L. et R. Santerre (1999). "Suivi par satellites de la performance des patineurs de vitesse", Géomatique, Revue de l'Ordre des arpenteurs-géomètres du Québec, Vol. 26, No. 3, pp. 5-7.

OLAP Council, 1995, OLAP and OLAP Server Definitions, <http://www.olapcouncil.org/research/glossaryfy.htm>.

Rivest, S.; Bédard, Y; Marchand, P. (2001). «Towards better support for Spatial decision-making: defining the characteristics of Spatial On-Line Analytical Processing (SOLAP), Geomatica, the Journal of the Canadian Institute of Geomatics, 55/4, pp. 539-555.

Thomsen, E., 1997, OLAP solutions: building multidimensional information systems. John Wiley & Sons, 608 pp.