

# Intégration de relevés topographiques et de mesures GPS en mode cinématique pour l'analyse des performances de cyclistes sur piste

■ Mathieu LAMBERT et Rock SANTERRE

*Habituellement, lors des entraînements sportifs traditionnels, on ne mesure que des temps de passage à certains endroits le long du parcours ne permettant que de calculer des vitesses moyennes. Les analyses subséquentes ne tiennent ni compte de la trajectoire réelle de l'athlète ni de la topographie du parcours. Il est donc impossible de localiser l'endroit exact où l'athlète a perdu de la vitesse et d'en expliquer rationnellement la cause. Avec l'avancement technologique dans le domaine du positionnement par satellites GPS, il existe des récepteurs permettant de déterminer des positions à une précision centimétrique à une cadence élevée (10 Hz ou mieux), et ce en temps réel. Dans cet article, les mesures de performances de cyclistes obtenues par méthodes GPS sont intégrées à des données physiologiques et à des images vidéo. De plus, le relevé topographique du vélodrome a permis de construire un modèle numérique de terrain (MNT) de celui-ci.*

Lors de courses sportives, le facteur déterminant d'une performance demeure, tout compte fait, la trajectoire empruntée par l'athlète sur son parcours et la vitesse à laquelle il s'est déplacé tout au long de cette trajectoire. Il existe peu d'outil permettant de mesurer la trajectoire et la vitesse d'un athlète avec une précision temporelle et spatiale suffisante afin de quantifier ses performances et de suivre son évolution avec l'entraînement.

L'avancement technologique dans le domaine du positionnement par satellites GPS (Global Positioning System) permet de suivre un mobile en mesurant sa position à intervalles de temps réguliers. La plupart des récepteurs géodésiques modernes permettent d'enregistrer les signaux des satellites à des intervalles de temps relativement courts (par ex. : 0,1 s, soit 10 Hz). À partir de ces informations, il est donc possible de représenter le déplacement d'un mobile de façon continue sur son parcours et de tracer, par exemple, des graphiques de position et de vitesse



**Figure 1 :** Relevé GPS-RTK du Vélodrome Louis-Garneau pour la construction d'un modèle numérique de terrain.

pour la durée de l'enregistrement. De plus, le relevé topographique du parcours ou de la piste permet de construire son modèle numérique de terrain (MNT). Cette information permet de déterminer ses particularités (ex: pente) et d'ainsi mieux analyser les changements de vitesse de l'athlète qui performe sur ce parcours.

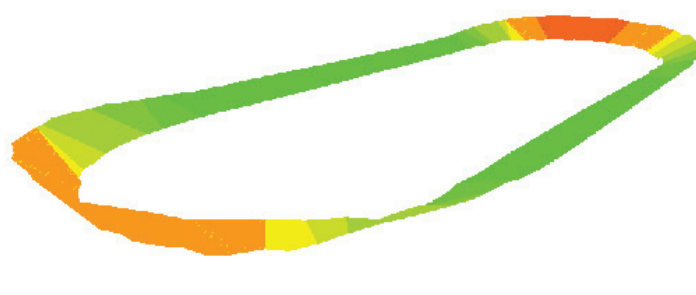
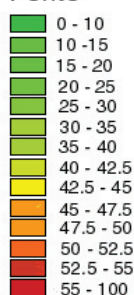
Le but du projet était de développer une méthodologie basée principalement sur des mesures GPS afin de permettre à l'entraîneur et à son athlète d'optimiser l'entraînement et d'en arriver à déterminer la meilleure stratégie de course.

## Méthodologie utilisée

### ■ Relevé topographique du vélodrome

Les tests GPS de cyclisme sur piste ont été effectués au Vélodrome Louis-Garneau situé en banlieue de Québec. La piste, de forme ovale, mesure 200 m de circonférence, avec des pentes pouvant aller jusqu'à 52° dans les courbes. Sur la piste, trois lignes de couleurs servent de guide. La position de ces lignes a été relevée ainsi que les limites de la piste: la côte d'azur (limite intérieure délimitée par une bande de couleur bleu

#### Pente



**Figure 2 : Vue en 3D du modèle numérique de terrain du Vélodrome Louis-Garneau.**

azur), la corde (ligne noire), la ligne des sprinters (ligne rouge), la ligne supérieure (ligne bleue) et la limite extérieure de la piste. Le tableau 1 présente les périmètres de ces lignes et limites tel que relevées par méthodes GPS-RTK.

**Tableau 1 : Périmètre des lignes et limites du vélodrome.**

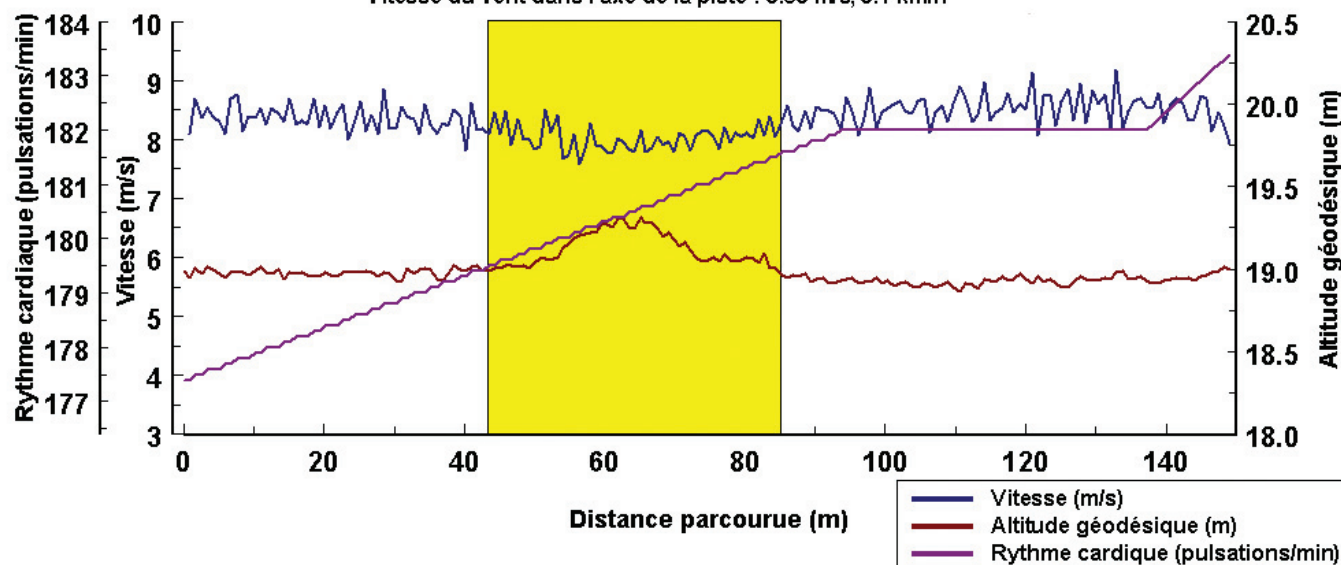
LIGNE	PÉRIMÈTRE (M)
Côte d'azur	199,11
Corde	200,16
Ligne des sprinters	203,23
Ligne supérieure	206,85
Limite extérieure	221,88

La prise de mesures pour la piste entière totalise 445 points. Comme la pente est très forte dans les courbes, une échelle a été utilisée pour atteindre les points de la ligne supérieure bleue et de la limite extérieure de la piste. La figure 1 illustre le relevé de la piste par méthode GPS-RTK.

La construction du modèle numérique de terrain a été effectuée avec le SIG ArcView. Un tel logiciel permet d'effectuer l'interpolation de surfaces 2D dans un environnement 3D, et de représenter la pente ou l'orientation de la surface en y associant un code de couleur. La figure 2 montre le résultat de l'interpolation avec un code de couleur pour la pente.

## Vitesse, altitude et du rythme cardiaque d'un cycliste en fonction de la distance

Vitesse du vent dans l'axe de la piste : 0.85 m/s, 3.1 km/h



**Figure 3 : Vitesse, altitude et rythme cardiaque d'un cycliste en fonction de la distance parcourue.**

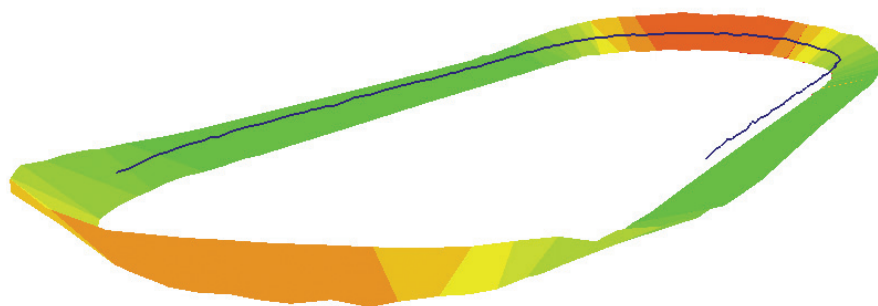
## ■ Suivi de la position et de la vitesse de cyclistes

Les systèmes GPS-RTK conventionnels permettent de positionner en temps réel un mobile. L'information est accessible au mobile. Cette technique est largement utilisée, par exemple, pour les travaux d'implantation de routes. Lors d'un entraînement sportif, la position doit être fournie à l'endroit où se situe l'entraîneur, soit aux abords de la piste. La méthodologie utilisée dans ce projet, inverse les fonctionnalités d'un système GPS-RTK conventionnel. C'est donc l'athlète qui transporte le récepteur émetteur de corrections. Le récepteur recevant les corrections est installé sur le point géodésique de référence (où est localisé l'entraîneur) et effectue les calculs de positionnement. Le résultat du positionnement relatif étant les composantes spatiales du vecteur séparant les deux antennes, une translation du vecteur est effectuée pour retrouver les coordonnées vraies de l'athlète. Cette approche ainsi que ces limites sont décrites en détails dans [Lambert et Santerre, 2004].

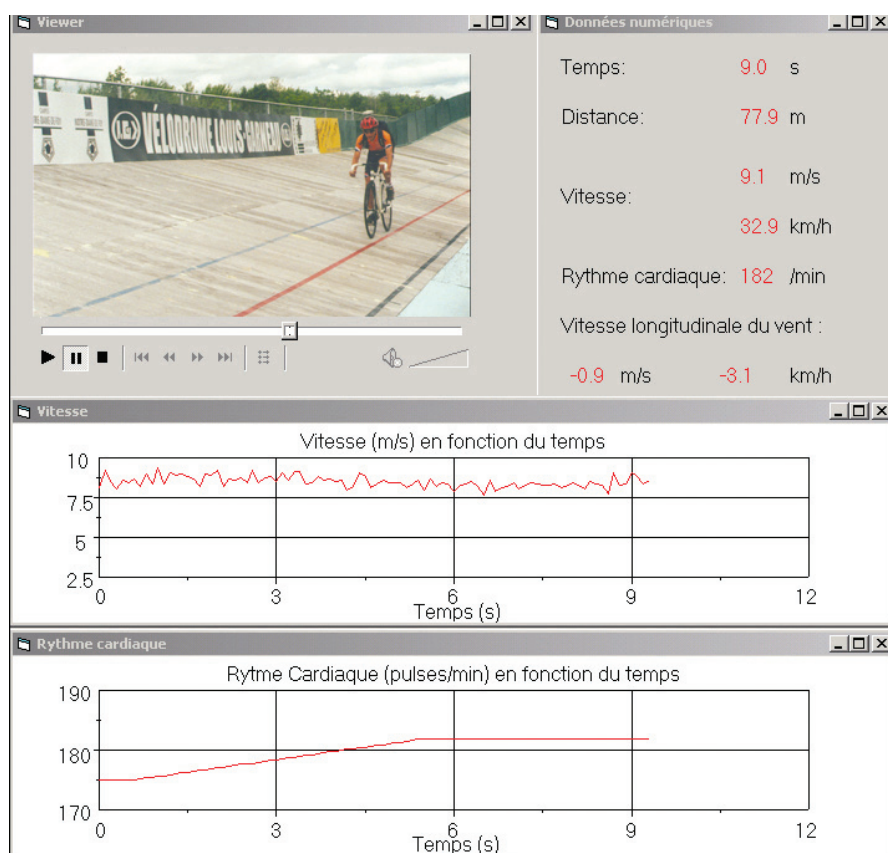
L'autre étape pour effectuer le suivi de l'athlète consistait à communiquer avec le récepteur GPS et d'afficher les données sur une interface prévue pour l'application graphique et SIG (Système d'Information Géographique). Les données sont par la suite archivées dans une structure de répertoire basée sur la date de l'entraînement. Ce logiciel dessine les courbes de vitesse et d'altitude sur des graphiques et envoie des commandes au SIG afin d'afficher la trajectoire sur le plan ou le modèle numérique de terrain du parcours [Lambert, 2002].

## Résultats

Les tests effectués dans le cadre de ce projet ont permis de visualiser les déplacements de l'athlète en temps réel et en post-traitement. Les données en temps réel sont visualisées sur l'écran d'un ordinateur portable et l'information est rafraîchie à toutes les secondes (1 Hz) durant l'exercice. Lorsque l'utilisateur arrête la collecte de données GPS, les positions sont directement



**Figure 4 :** Trajectoire d'un cycliste sur la vue en 3D du Vélodrome Louis-Garneau.



**Figure 5 :** Intégration des images vidéo et du rythme cardiaque aux données GPS.

introduites dans le SIG afin de pouvoir analyser la trajectoire sur le plan ou le MNT (Modèle Numérique de Terrain). De plus, les récepteurs GPS enregistraient les observations brutes à 10 Hz. Ces données à cadence plus élevée ont été utilisées en post-traitement.

Dans cet article, ce sont les résultats provenant du post-traitement à 10 Hz qui sont présentés. La figure 3 présente

un graphique de vitesse, d'altitude et de rythme cardiaque en fonction de la distance parcourue. La portion où l'athlète se trouvait dans la courbe Nord-Ouest est délimitée par la bande jaune.

Comme le montre le graphique, le cycliste perd de la vitesse et gagne de l'altitude dans la courbe. La vitesse du vent qui prévalait lors de la course y est aussi indiquée.



- ■ ■ Le logiciel SIG permet de superposer le tracé du cycliste, obtenu par méthode GPS, sur le modèle numérique de terrain (MNT). La figure 4 présente une vue en 3D du MNT de la piste et de la trajectoire du cycliste.

La figure 5 présente l'intégration, en post-traitement, des images vidéo et du rythme cardiaque de l'athlète aux données GPS. Cette intégration est fort utile lors des analyses subséquentes afin de bien décortiquer la dynamique de la course effectuée par l'athlète.

## Conclusion

La réalisation de ce projet a permis de démontrer la faisabilité d'un nouvel outil d'entraînement de cyclistes sur piste basé sur des relevés topographiques du vélodrome et des mesures GPS en mode cinématique. L'interface développée permet de comparer en détails les données en temps réel avec les courses archivées. L'intégration de données provenant de senseurs météorologiques et cardiaques et l'utilisation d'un SIG permet aussi de compléter, en post-traitement, l'information fournie par la technologie GPS tout en tenant compte de la topographie (pente) et des particularités du parcours. Ce nouvel outil d'entraînement permet de visualiser l'effet qu'engendre soit un changement dans la répartition de l'effort du cycliste, soit dans la trajectoire empruntée, ou dans l'équipement utilisé.

Le système GPS peut être utilisé dans tous les sports se pratiquant à l'extérieur où il n'y a pas trop d'obstructions. Les sports comme le ski alpin [Skaloud et al., 2001], la course de véhicules motorisés [Milnes et Ford, 2001], la course à pied [Miller et al., 2001], le patinage de vitesse [Maltais et Santerre, 1999], le canoë-kayak [Lambert et Santerre, 2004], le ski de fond, le cyclisme sur route et de montagne, et les courses de voilier sont d'autres disciplines qui se prêtent bien aux observations GPS.

La contribution de la technologie GPS permettra sans doute aux athlètes de haut niveau d'atteindre de nouveaux sommets. ●

## Références

**Lambert, M. (2002).** *"Utilisation du GPS pour l'analyse de performances sportives"*, Mémoire de maîtrise (M. Sc.), Département des Sciences Géomatiques, Université Laval, 144 p.

**Lambert, M. et R. Santerre (2004).** *"Speed Check: Performance Monitoring with RTK GPS"*, GPS World, 15 (2), pp. 20-26.

**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, 26 (3), pp. 5-7.

**Miller C.C., M.M. Miller and J. Agnew (2001).** *"On Track for a Personal Best"*, GPS World 12 (3), pp. 38-42.

**Milnes, K. and T. Ford (2001).** *"Real-Time GPS FX"*, GPS World, 12 (9), pp.12-26.

**Skaloud, J., M. Gyr, Q. Ladetto, A. Marcacci, P. Lüthi, B. Merminod, M. Vetterli and Y. Schutz (2001).** *"Athletic Analysis with Racing Heart"*, GPS World, 12 (10), pp. 14-18.

## Auteurs

### Mathieu LAMBERT

détient un baccalauréat en géomatique (2000) et est titulaire d'une maîtrise en sciences géomatiques (2002) du Département des sciences géomatiques de l'Université Laval. Ses études graduées portaient sur l'utilisation du GPS pour l'analyse de performances sportives.

### Rock SANTERRE

est professeur titulaire de Géodésie et GPS au Département des sciences géomatiques et membre du Centre de Recherche en Géomatique (CRG) de l'Université Laval. Il détient un doctorat de l'Université du Nouveau-Brunswick (UNB) et cumule plus de 20 années d'expérience dans le domaine du GPS. Il est arpenteur-géomètre et ingénieur au Québec.

## ABSTRACT

*Usually, during traditional sport training one only records split times at certain points over a course which just allows to calculate average speeds. Subsequent analyses do not consider the real trajectory of the athlete and the topography of the course. It is therefore impossible to precisely locate where and/or when an athlete has lost speed. Advances in Global Positioning System (GPS) technology have led to receivers allowing for the calculation of positions, in real-time, with centimeter level accuracy at a high sampling rate (10 Hz or better). In this paper, the cyclists' performances as monitored by GPS are integrated with video images and heart beat recording. A GPS topographical survey has also allowed to construct a Digital Terrain Model (DTM) of the velodrome.*