

La Patrouille des Glaciers¹ 2008 a servi de terrain d'expérimentation grandeur nature à neuf laboratoires de l'EPFL (polypdg.epfl.ch). Le projet a impliqué plus de 30 chercheurs et 60 étudiants dans le but de tester et de promouvoir des technologies de pointe développées à l'école, ainsi que leur application au service de sportifs de haut niveau, dans le cadre exigeant de la haute montagne. Plusieurs projets ont été mis au point en laboratoire comme le développement d'un nouveau type de peaux de phoques, la mesure et le transfert de données physiologiques sur les coureurs, ou l'exploitation en temps réel de données météorologiques de proximité grâce à des microstations Sensorscope (sensorscope.epfl.ch), puis mis en œuvre dans des conditions réelles lors de la course.

satellites en orbite autour de la terre. La précision standard du système GPS, d'environ 10 mètres, s'est avérée suffisante pour établir le suivi sur ce parcours de plus de 50 kilomètres. Il avait été envisagé d'exploiter du DGPS (*Differential Global Positioning System*) dans un premier temps, ce qui aurait permis d'améliorer le signal GPS standard grâce au réseau existant de stations fixes de référence (relais GSM de Swisscom, voir plus bas), et d'obtenir ainsi une erreur de localisation de plus ou moins un mètre. Mais le DGPS a l'inconvénient d'une part de prendre beaucoup de temps avant de pouvoir fournir un premier signal lors du *boot* du GPS, et d'autre part de consommer une quantité trop importante d'énergie et de bande passante, des contraintes incompatibles avec le contexte de la course.



GPS 4 PDG – GÉOVISUALISATION DE SUJETS MOBILES LORS DE LA PATROUILLE DES GLACIERS 2008

STEPHANE.JOOST@epfl.ch & JENS.INGENSAND@epfl.ch, EPFL – ENAC LABORATOIRE DE SYSTÈMES D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE, ROMAIN.FARKAS@epfl.ch, EPFL – STI LABORATOIRE D'ÉLECTRONIQUE GÉNÉRALE, SEVERINE.MILON@epfl.ch (CCSAP/OPP), SIMONE.CAMPORA@epfl.ch, EPFL – IC – SECTION D'INFORMATIQUE & ADRIAN WÄGLI, EPFL – ENAC LABORATOIRE DE TOPOMÉTRIE

LOCALISATION DES COUREURS EN TEMPS RÉEL

Pour suivre certains paramètres physiologiques des coureurs de quatre patrouilles EPFL (saturation du sang en oxygène SpO₂, pulsations cardiaques) en corrélation avec leur trajectoire sur le relief du parcours, il a été nécessaire de recueillir en continu des informations sur la latitude, la longitude et l'altitude des sujets. Ces paramètres ont été fournis par un système GPS (*Global Positioning System*) embarqué par les coureurs, capable de délivrer leur position en temps réel sur la base de données envoyée par une constellation de

DESCRIPTION DU SYSTÈME DE MONITORAGE

La plate-forme *hardware* développée à l'occasion de la PDG était principalement composée des éléments suivants, au sein desquels figurent les modules nécessaires à la localisation géographique. La balise GSATu (*GPS & Sensor Acquisition and Transmission Unit*) était constituée d'un module Siemens® XT75 avec un chipset GPS u_blox® Antaris4, un chipset GSM (*Global System for Mobile communications*) Siemens®, un DSP (*Processeurs de Signal Numérique*) Analog Devices® et une alimentation dédiée (batterie: 4800 mAh). Elle comportait également une carte mère capable d'accueillir

¹ Pour les lecteurs loin des Alpes, précisons que la Patrouille des Glaciers (PDG) est une course exceptionnelle au cours de laquelle il s'agit, en une étape, de rallier pour une catégorie, Zermatt à Verbier (53 kilomètres, soit l'équivalent de 110 km/effort), pour l'autre, Arolla à Verbier (27 kilomètres, soit l'équivalent de 53 km/effort). Cette épreuve unique se caractérise par sa longueur, son altitude moyenne élevée et le profil de son itinéraire. Vouloir y participer exige non seulement une réelle expérience de la haute montagne ainsi que la maîtrise des conditions extrêmes qu'on peut y affronter, mais aussi une préparation morale et physique spécifique et minutieuse (information extraite de www.pdg.ch).

Système de monitoring

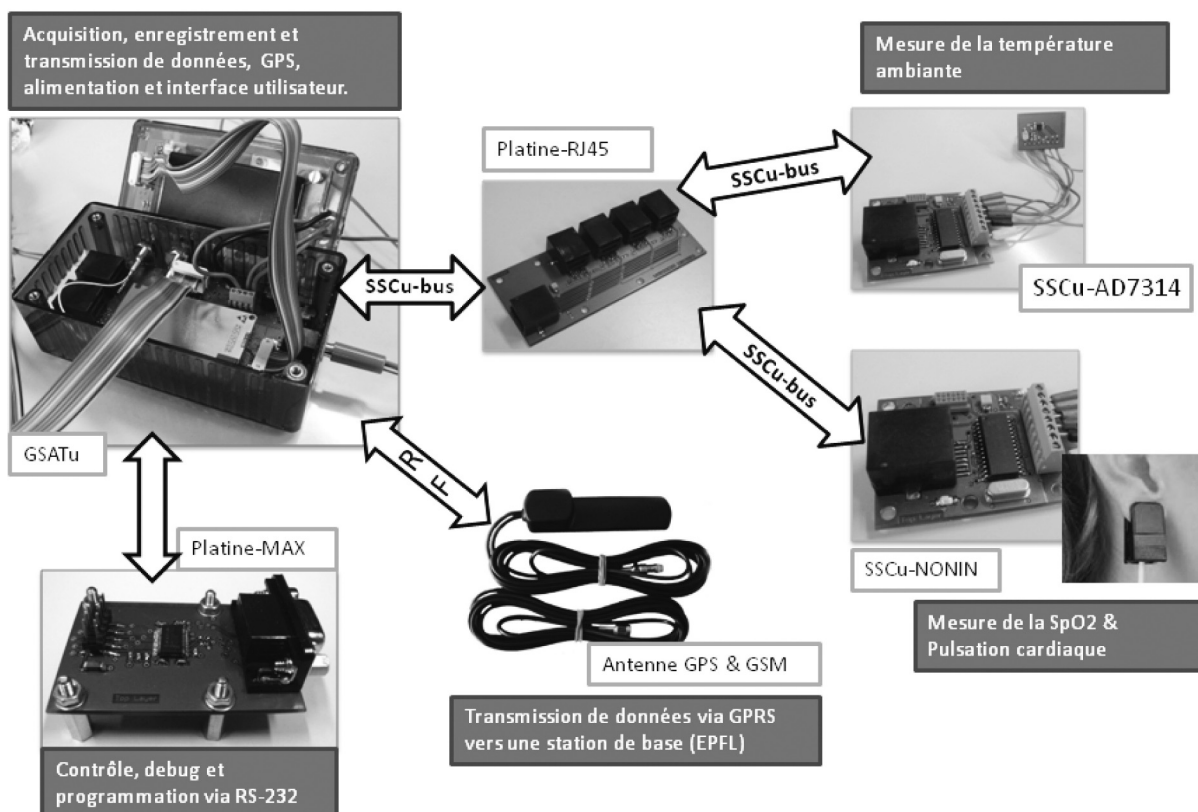


fig. 1 – description GÉNÉRALE DE LA PLATE-FORME HARDWARE DÉVELOPPÉE PAR ROMAIN FARKAS
 SSCu = SENSOR SIGNAL ACQUISITION UNIT – GSATu = GPS & SENSOR ACQUISITION AND TRANSMISSION UNIT

le module XT75, une carte SIM (*Subscriber Identity Module*), une carte mémoire (miniSD), et un bus sériel multi_canal **SSCu_bus** (*Sensor Signal Conditioning Unit*) qui permet de relier les modules de traitement de signal des capteurs à la balise **GSATu**, et finalement une alimentation auxiliaire dédiée pour les capteurs.

Deux périphériques externes étaient encore nécessaires, soit une antenne GPS & GSM combinée placée sur les coureurs, face aux satellites, et un capteur (oxymètre **NONIN**) interfacés à de petits modules **SSCu** dédiés (*Sensor Signal Conditioning Unit*) capables de traiter en temps réel les signaux sortant des capteurs.

TRANSMISSION DES DONNÉES

Deux types de réseaux de transmission de données étaient potentiellement disponibles sur le parcours de la PDG. Il s'agissait des réseaux de téléphonie mobile GSM des opérateurs nationaux d'une part, et des réseaux propriétaires RF (*Radio Frequency*) locaux (ZigBee, WiFi, etc.). Le choix s'est porté sur l'infrastructure GSM disponible sur le parcours de la PDG pour plusieurs raisons. Premièrement, aucun coût de déploiement d'infrastructure n'était nécessaire puisque le commandement de la PDG et Swisscom avaient équipé presque tous les segments du parcours en 2006 pour des raisons de sécurité. Pendant la course, Swisscom a toutefois rajouté quelques stations de base et des relais afin de compléter la couverture pour certaines petites zones, en

particulier le long du tronçon La Barmaz-Rosablanche.

Deuxième argument: la couverture réseau GSM permanente de Swisscom permettait d'effectuer des tests sur le site pendant l'année. Ensuite, le GSM est une technologie qui offre – avec GPRS/EDGE-11 – un débit de données suffisant pour cette application (jusqu'à 57.6 kbit/s par canal montant). Et finalement, il existait sur le marché des modules capables d'intégrer GSM, GPS et DSP, ce qui a permis un développement rapide de la solution dans le cadre d'un projet de master réalisé au LEG.

GÉOVISUALISATION DE LA POSITION DES COUREURS EPFL

Les données enregistrées sur la balise étaient transmises une fois par minute à un stand situé dans l'aire d'arrivée à Verbier, via un serveur de traitement localisé à l'EPFL qui les réceptionnait et les stockait dans une base de données PostgreSQL/PostGIS. Sur cette base, trois types de géovisualisation étaient proposés au public.

LA SOLUTION MIXTE: PROJECTION SUR UNE MAQUETTE

La position des quatre patrouilles équipées ainsi que le trajet déjà parcouru étaient projetés par un *beamer* sur une maquette 3D (de 180 cm de long et 70 cm de large) placée dans l'aire d'arrivée de la course à Verbier à l'intention des spectateurs, afin que ces derniers puissent se faire une idée

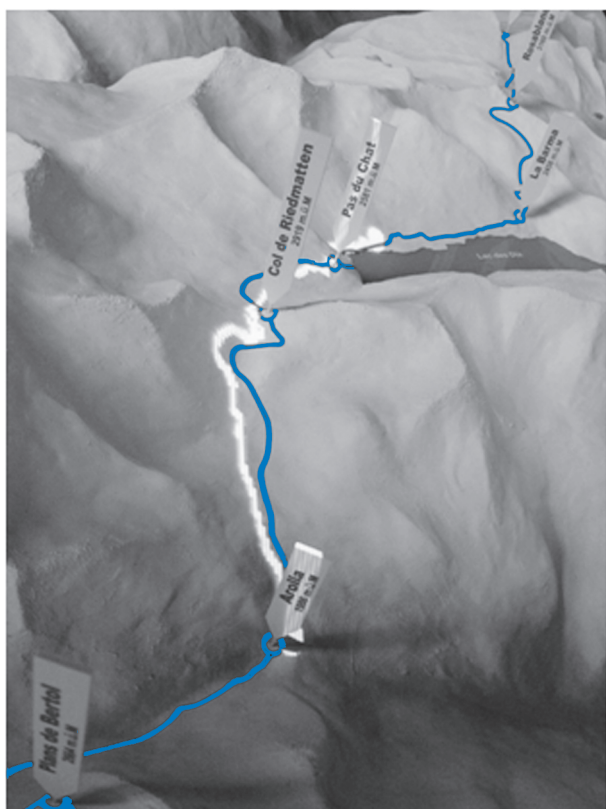


fig. 2 – PROGRESSION D'UNE PATROUILLE PROJÉTÉE PAR UN BEAMER SITUÉ AU-DESSUS DE LA MAQUETTE 3D DANS L'AIRE D'ARRIVÉE DE VERBIER.

concrète du relief traversé (fig. 2). Une *applet* Java permettait de caler l'image projetée sur la maquette depuis le plafond sur la base de la *bounding box*¹ du parcours numérisé au préalable à partir d'une carte topographique swisstopo et stocké dans un fichier géoréférencé. Cette applet contenait également les fonctions permettant d'agrandir l'image dans les deux axes et de la faire pivoter. En cours d'opération, des requêtes spatiales spécifiques ont permis d'éliminer des points incorrects, quand le système GPS transmettait des points qui n'étaient pas inclus dans la *bounding box* du parcours.

LA SOLUTION VIRTUAL GLOBE

À l'arrivée à Verbier, les spectateurs pouvaient également visualiser et naviguer librement sur le parcours grâce à un globe virtuel (Google Earth) qui affichait un nouveau point de mesure toutes les 60 secondes. En effet, à partir des données enregistrées dans la base de données PostgreSQL/PostGIS, un programme Java générait continuellement (une fois par minute) quatre fichiers (un pour chaque patrouille) de type KML (*Keyhole Markup Language*), le format utilisé pour visualiser des données géographiques dans Google Earth. En plus de la localisation géographique et de l'altitude, ce fichier KML contenait également de l'information sur des points de contrôle (par rapport à la *bounding box* mentionnée plus haut), les données physiologiques des coureurs, et de l'information de type temporel permettant de connaître la position des patrouille à n'importe quel temps *T* (fig. 3). Cette information a permis d'exploiter le module temporel qui existe dans Google Earth, et qui permet de faire tourner



fig. 3 – exploitation du module temporel dans Google Earth. Ici une patrouille après le passage du Col de la Chaux et qui plonge en direction de Verbier. Chaque minute, un point de mesure avec son ID, les pulsations cardiaques, la saturation du sang en oxygène et l'altitude sont affichés en regard de la localisation de la patrouille.

¹ La *bounding box* ou *minimum bounding rectangle* est l'expression de l'extension maximum d'un objet en deux dimensions.

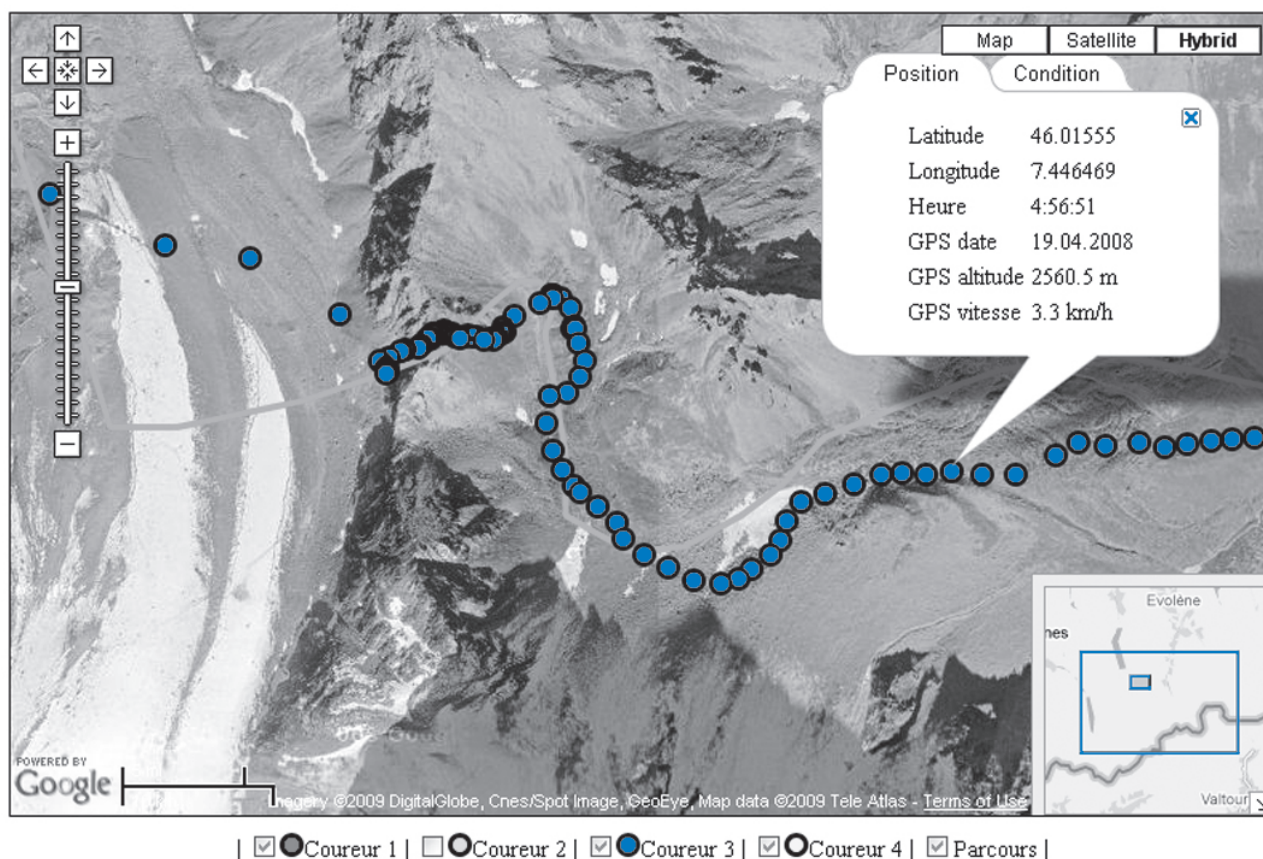


fig. 4 – Les points GPS correspondant à la patrouille 3 au passage du col de Riedmatten sur l'interface Google Maps. L'onglet **CONDITION** donne accès aux graphes sur les données physiologiques. polypdg.epfl.ch/page26231.html

de petites simulations (affichage progressif du tracé dans le temps). Un cinquième fichier KML était généré dans le but de lier toutes les informations et d'activer l'interface spatio-temporelle.

LA SOLUTION INTERNET

Pour les *spectateurs virtuels* n'ayant pas la possibilité de se rendre sur place, un site Web doté d'une interface de cartographie interactive basée sur l'API Google Maps a été mis en place. Les cartes produites sur ce site permettaient d'afficher tous les points de mesure liés aux coureurs, avec l'ensemble des données associées, soit l'altitude, la fréquence cardiaque, la saturation en oxygène et la vitesse (fig. 4); elles permettaient aussi d'afficher la progression des patrouilles. Dans ce cas, les fichiers KML n'ont pas été exploités et ce sont des javascript en conjonction avec un module PHP qui ont géré le chargement ainsi que l'affichage des données.

En complément, une interface entièrement développée en Flash avait pour tâche de récupérer les données physiologiques et de construire les graphes correspondants.

CONCLUSION

La Patrouille des Glaciers 2008 a constitué un terrain d'expérimentation exceptionnel pour les chercheurs de l'EPFL. Des technologies de pointe ont pu être testées dans des conditions extrêmes: la température (jusqu'à moins 30°), la neige, la glace, l'altitude élevée, les horaires (les départs

des patrouilles ont eu lieu entre 23 heures et 5 heures du matin), tout ceci a constitué un vrai défi pour les chercheurs en terme de choix de matériel. C'est bien la mise en commun de compétences multiples dans le cadre de cet effort interdisciplinaire (environnement, technologie des systèmes d'information géographique, génie électronique, informatique et sciences du sport) qui a permis cette expérience unique. La fréquentation assidue du stand EPFL à Verbier a montré que l'opération Poly-PDG fut également très appréciée par le grand public et par la presse (radio, télévision, journaux).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Guillermo Barrenetxea, François Ingelrest, Gunnar Schaefer, Martin Vetterli, Olivier Couach, Marc Parlange** (2008) *SensorScope: Out-of-the-Box Environmental Monitoring*, IPSN 2008', International Conference on Information Processing in Sensor Networks, IEEE Computer Society.
- **René Bugnion** (2007) *Patrouille des glaciers 2008 et PolyPdG, déjà les grands préparatifs... étudiants et doctorants, à vos marques!* Flash No 4 du 20 mars 2007.
- **Romain Farkas**, (2008) *Système électronique de monitoring de données pour sportifs de haut niveau: étude de cas pour la Patrouille des Glaciers 2008*, Master Thesis, LEG, STI, Section de Génie Electrique et Electronique. ■