

FLASH

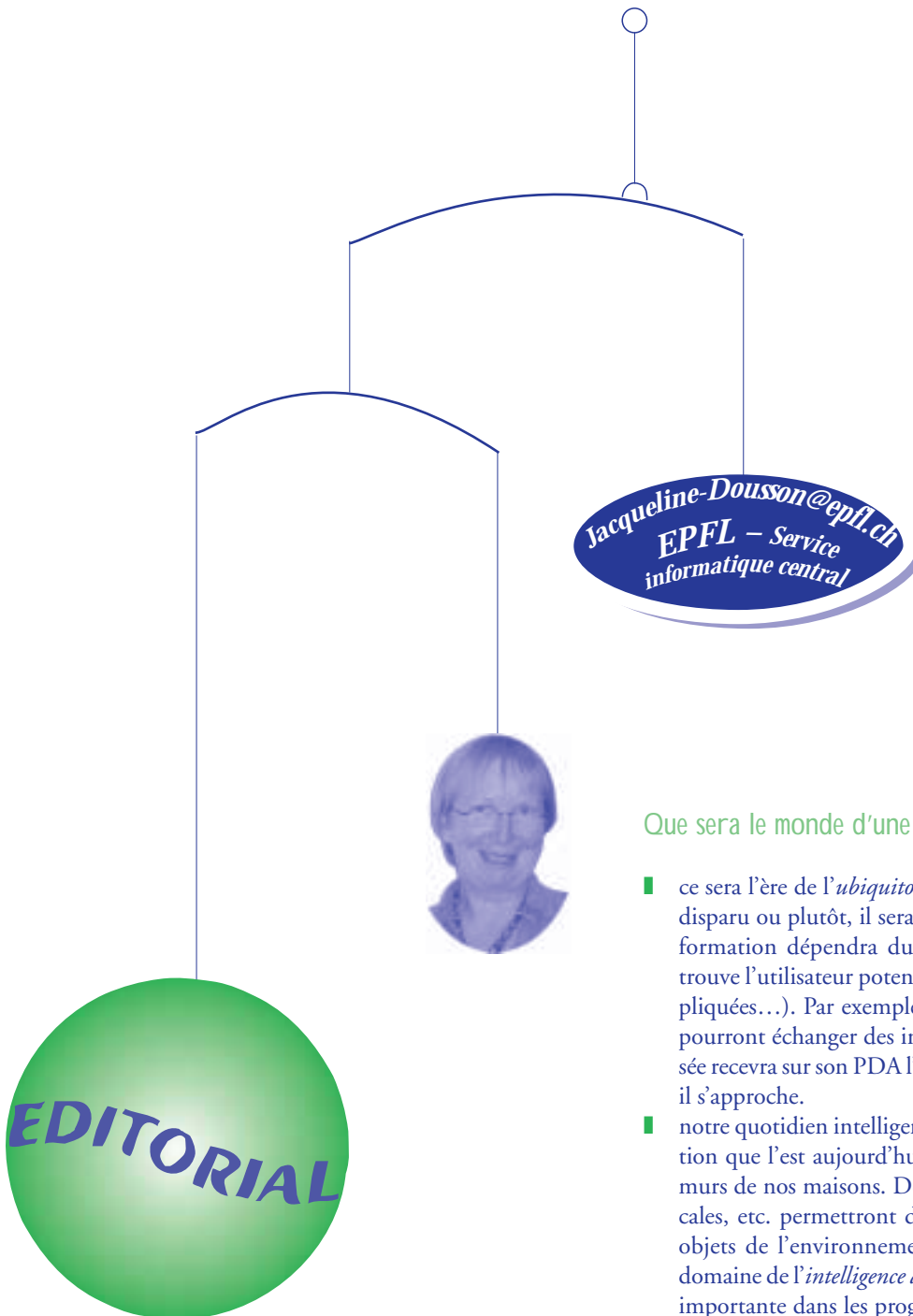
INFORMATIQUE

p/a EPFL – SERVICE INFORMATIQUE CENTRAL – CP 121 – CH 1015 LAUSANNE – TÉL. +41 21 69 322 11 – WEB: <http://sic.epfl.ch>

**INFORMATIQUE MOBILE
SPÉCIAL ÉTÉ 2002**



Stefan '02



Nous n'avons jamais été plus *mobiles* que ces dernières années, et paradoxalement, nous n'avons jamais été plus *joignables*. Les nouveaux nomades que nous sommes devenus ne voyagent plus sans leur téléphone portable, leur assistant numérique (PDA), parfois même leur PC portable, et il n'est pas impossible qu'ils se connectent en passant dans un cyber-café, qu'ils soient à Bangkok ou à Castelnau-dary !

Dans ce numéro consacré à l'informatique mobile, vous saurez tout des nouveaux développements autour de la navigation par satellite et des services qui vont se développer grâce à cette localisation de plus en plus précise et à la miniaturisation des équipements; vous saisirez l'enjeu politique et commercial du projet Galileo; vous découvrirez des expériences concrètes d'applications utilisant les PDA dans le domaine du sport, du elearning ou dans la gestion en temps réel des futurs réseaux de télécommunication mobile; si vous n'êtes

pas encore allés à EXPO02, vous ferez la connaissance des sympathiques robots qui accueillent les visiteurs sur l'artepilage de Neuchâtel; les retombées sociales de l'informatique mobile seront abordées dans le cadre du télétravail; enfin, vous appréhendez la problématique de la sécurité et de l'authentification qui sont fondamentales dès qu'il s'agit d'accéder à des données privées ou sécurisées.

Thérèse, personnage de fiction de la nouvelle qui a remporté le concours, vit aujourd'hui, elle a un téléphone portable, un PC à la maison et au travail, un prestataire Internet et une Webcam qui surveille son fils ...

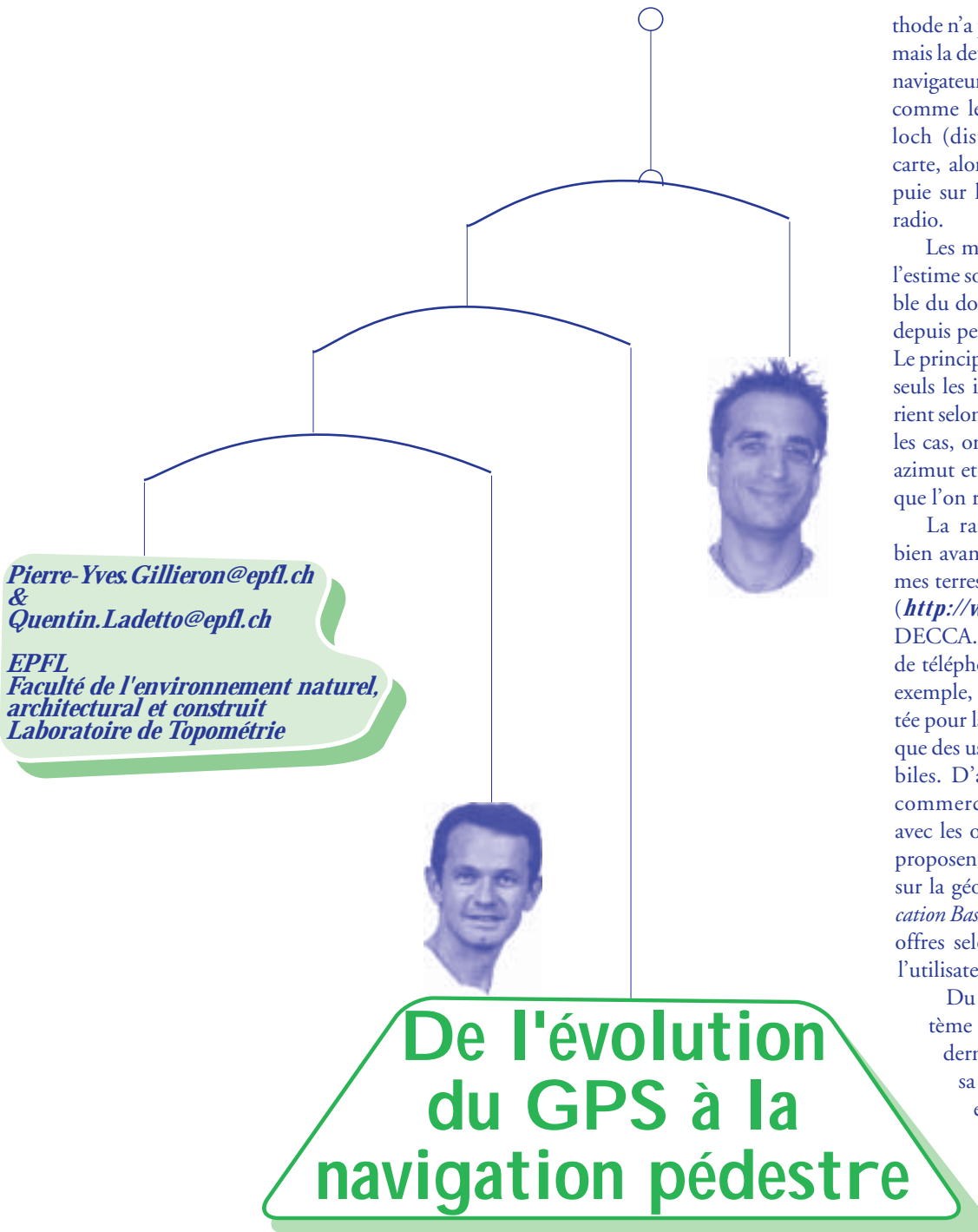
Que sera le monde d'une Thérèse de 2020 ?

- ce sera l'ère de l'*ubiquitous computing*, l'ordinateur aura disparu ou plutôt, il sera partout. Le traitement de l'information dépendra du contexte, (de l'endroit où se trouve l'utilisateur potentiel, de la nature des entités impliquées...). Par exemple, deux voitures qui se croisent pourront échanger des informations, le visiteur du musée recevra sur son PDA l'information liée à l'œuvre dont il s'approche.
- notre quotidien intelligent sera aussi immédiat d'utilisation que l'est aujourd'hui l'électricité, intégrée dans les murs de nos maisons. Détecteurs, écrans, interfaces vocales, etc. permettront d'interagir directement avec les objets de l'environnement domestique ou public. Ce domaine de l'*intelligence ambiante*, occupe déjà une place importante dans les programmes-cadres de la Communauté européenne.
- le MediaLab du MIT travaille sur des ordinateurs vraiment portables, puisqu'il s'agit de vêtements, montres, lunettes.

Pour en arriver là, il reste beaucoup de travail aux informaticiens d'aujourd'hui !

- Le projet d'intelligence ambiante (INRIA, Philips et Thomson Multimédia): http://www.inria.fr/actualites/inedit/inedit32_eve.fr.html
- La page du MediaLab sur le wearable computing: <http://www.media.mit.edu/wearables/> ■





Pierre-Yves Gillieron@epfl.ch
&
Quentin.Ladetto@epfl.ch

EPFL
Faculté de l'environnement naturel,
architectural et construit
Laboratoire de Topométrie

De l'évolution du GPS à la navigation pédestre

Introduction

Ces dernières années, les méthodes de localisation ont pris un essor important dans de nombreuses activités humaines. Connaître sa position a toujours été une préoccupation de l'homme qui a développé, au fil du temps, les moyens nécessaires pour s'orienter et se déplacer au bon endroit.

Si la carte et la boussole ont longtemps été les accessoires indispensables du navigateur ou du randonneur, les nouvelles technologies de localisation viennent les compléter. On pense évidemment au GPS comme étant LA méthode de localisation universelle, mais d'autres moyens existent et complètent le GPS dans les endroits où il est inopérant.

Les méthodes de navigation peuvent être classées en trois catégories: la navigation à vue, les méthodes basées sur l'estimation de parcours et la radionavigation. La première mé-

thode n'a pas besoin d'être décrite, mais la deuxième, bien connue des navigateurs, a recours à des moyens comme le compas (boussole), le loch (distance parcourue) et la carte, alors que la troisième s'appuie sur les propriétés des ondes radio.

Les méthodes de navigation à l'estime sont appliquées à l'ensemble du domaine des transports et, depuis peu, au domaine pédestre. Le principe de base n'a pas changé, seuls les instruments de bord varient selon l'application. Dans tous les cas, on mesure en continu un azimut et une distance parcourue que l'on reporte sur une carte.

La radionavigation a existé bien avant le GPS avec des systèmes terrestres comme le LORAN (<http://www.loran.org/>) et le DECCA. Aujourd'hui, les réseaux de téléphonie mobile offrent, par exemple, une infrastructure adaptée pour la localisation géographique des usagers de terminaux mobiles. D'autre part, des sociétés commerciales en collaboration avec les opérateurs de téléphonie proposent déjà des services basés sur la géolocalisation (LBS – *Location Based Services*) en ciblant des offres selon le lieu où se trouve l'utilisateur (fig. 1).

Du côté des satellites, le système américain GPS se modernise, tout en augmentant sa précision, et un projet européen de navigation par satellites a vu le jour sous le nom de GALILEO. Ces initiatives des pouvoirs publics et des sociétés

privées démontrent une volonté politique et économique de développer les activités liées à la navigation.

Cet article fait le point sur l'évolution de certaines technologies des systèmes de navigation.

- La première partie présente l'évolution du système GPS depuis la suppression de la dégradation volontaire et les systèmes de contrôle du GPS pour l'augmentation de la précision et de l'intégrité du système.
- La deuxième partie donne un aperçu des systèmes de navigation développés pour l'automobile ainsi que pour l'informatique mobile. On montre également la navigation pédestre avec toutes les contraintes d'un environnement urbain où le GPS seul ne suffit plus. Ceci a motivé les collaborateurs du laboratoire de Topométrie à développer un système de navigation autonome: le PNM – *Pedestrian Navigation Module*.



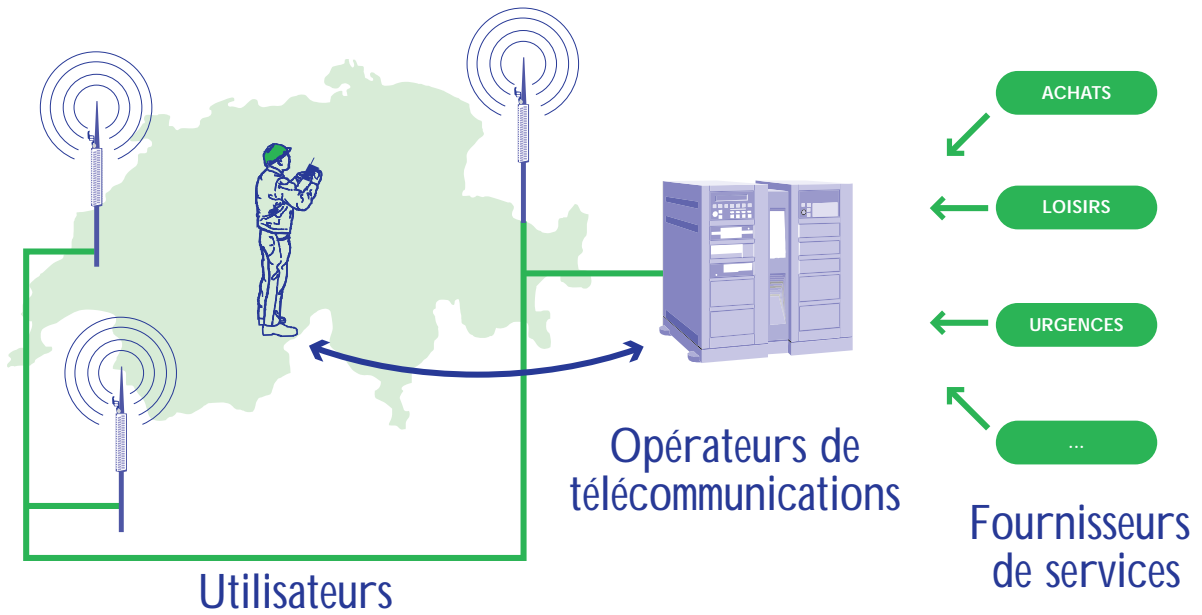


Fig. 1: architecture d'un service basé sur la géolocalisation

Le GPS depuis la suppression de la dégradation sélective

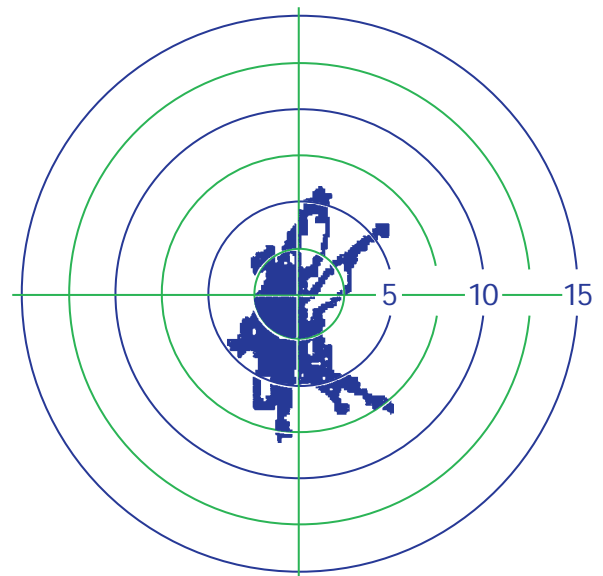
GPS absolu

Jusqu'en mai 2000, le système de localisation par satellites GPS était volontairement dégradé (SA – *Selective Availability*) sur la fréquence disponible pour les utilisateurs civils. Cette dégradation devait empêcher les utilisateurs d'obtenir une précision trop grande en mode absolu. La croissance des applications civiles utilisant le GPS a motivé une décision du congrès américain en 1996 de supprimer à terme la SA et de moderniser le système. Ainsi en mai 2000, le Président des USA a décidé de supprimer cette dégradation en offrant aux utilisateurs civils un moyen de localisation précis. Il faut toutefois rappeler que le GPS reste sous le contrôle des militaires nord-américains et que leur département de la défense se réserve le droit de modifier le service suivant les circonstances.

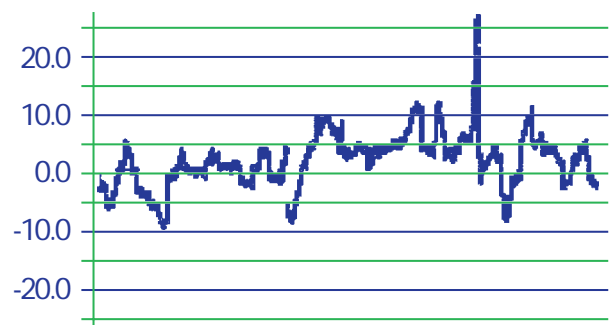
On peut alors se demander quelle est la précision du GPS à l'heure actuelle.

Suite à la suppression de la SA, de nombreux organismes ont procédé à des mesures afin d'évaluer la précision du GPS. Swisstopo (Office fédéral de Topographie) a effectué ses propres tests [Kummer, 2000] et a qualifié la précision de localisation pour différents types de récepteurs. Les valeurs de précision sont données avec une probabilité de 95% (2 Sigma). La figure 2 présente les écarts planimétriques et altimétriques par rapport à une valeur de référence et pour une période de 24 heures.

Pour un récepteur de loisirs de type Garmin 12XL, la précision planimétrique est de 9m et la précision altimétrique de 11m. Ces valeurs sont nettement meilleures lorsque l'on utilise un récepteur géodésique. C'est le cas pour le système GS50 de la firme Leica-Geosystems où la précision est de 6m en planimétrie et de 10m en altimétrie.



ABda: 20.05.00 00:00-00: UTC



ABda: 20.05.00 00:00-00: UTC

Fig. 2: précisions GPS après la suppression de la SA (source: Swisstopo)



Ces essais ont été réalisés dans des conditions idéales de réception avec un horizon libre d'obstacles pouvant interférer avec les signaux GPS. Mais la précision du GPS diminue fortement lorsque l'on est en présence d'éléments pouvant réfléchir les signaux (effet de multi-trajet) et lorsque le nombre de satellites est réduit. Ainsi, les régions urbaines restent un environnement où le GPS doit être utilisé avec certaines précautions.

Système DGPS

Avant mai 2000 de nombreux organismes nationaux et des sociétés privées ont mis en œuvre des services de corrections différentielles pour le GPS. Le fonctionnement d'un tel service s'appuie sur l'hypothèse que le bilan des erreurs sur les mesures GPS pour un endroit donné est le même que dans un rayon de quelques centaines de kilomètres.

En plaçant un récepteur GPS de référence sur un point fixe et connu en coordonnées, on peut calculer des corrections différentielles pour chaque satellite à intervalles réguliers. Il suffit ensuite de transmettre ces corrections aux utilisateurs qui peuvent les appliquer instantanément à leur mesures GPS. Les moyens de communication de ces correc-

tions DGPS sont multiples. On trouve des services sur la bande FM, dans la gamme des longues ondes, sur Internet et sur le réseau GSM. La norme RTCM 104 de radio-télécommunication marine régit les formats d'échange de ces corrections. Elle a été adoptée par tous les constructeurs de matériel GPS.

Le gain de précision est intéressant, particulièrement pour les utilisateurs qui doivent assurer une certaine qualité lors de travaux de cartographie ou d'inventaires de données spatiales. Dans ce cas un récepteur de géodésie est recommandé et on assure ainsi une précision (95%) de 1.5m en planimétrie et de 2.2m en altimétrie. La figure 3 présente les écarts planimétriques et altimétriques par rapport à une valeur de référence et pour une période de 24 heures.

La précision n'est de loin pas la seule caractéristique d'un système de navigation et pour certains utilisateurs ce n'est pas le paramètre le plus déterminant. Souvent, la couverture et la disponibilité sont des facteurs essentiels pour les applications où la sécurité est primordiale.

EGNOS: un service de localisation de qualité bientôt disponible

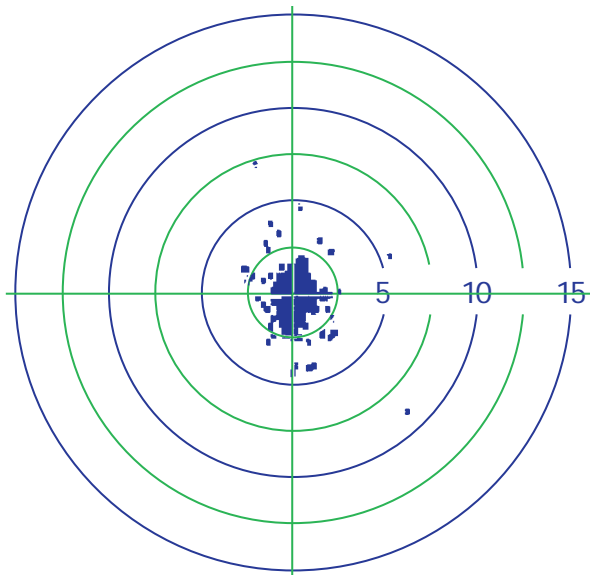
Le système de GPS peut présenter un dysfonctionnement sans que les utilisateurs en soient avertis. C'est ce qui s'est passé sur l'Atlantique Nord en 2001 lorsque soudainement la position fournie par le GPS a été décalée de plus de 100km.

Afin d'éviter ce genre de mésaventure, certains groupes d'utilisateurs ont décidé de créer leur propre infrastructure de contrôle civil (fig. 4). C'est le cas de la commission européenne en coopération avec l'agence spatiale européenne (ESA) et Eurocontrol qui ont décidé la réalisation du projet EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). Les Européens ne sont pas seuls en course car ce projet fait partie du programme GNSS1 (Global Navigation Satellite System de 1^{ère} génération) qui contient d'autres services d'augmentation de GPS: WAAS (Wide Area Augmentation System) pour les Etats-Unis et MSAS (Multi-Transport Satellite based Augmentation System) pour le Japon.

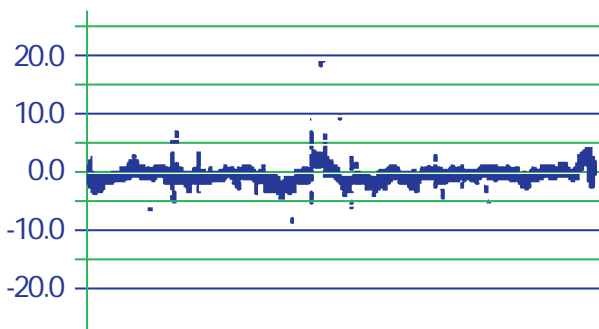
EGNOS est un système d'augmentation de la précision de GPS et de GLONASS (système russe), dont la constellation est complétée par trois satellites géostationnaires. Le service n'offre pas seulement des corrections différentielles, mais il apporte des informations sur l'intégrité du système.

L'intégrité est une notion fondamentale pour les domaines où la sécurité des personnes et des biens est une priorité. C'est le cas de l'aviation civile, qui a joué un rôle moteur dans la définition des systèmes d'augmentation. On peut définir l'intégrité comme étant la capacité du système à détecter une faute ou une panne en cours de navigation. La qualité et la précision des corrections, ainsi que d'autres paramètres, sont fournis en temps réel à l'utilisateur. En aviation, des niveaux d'alertes sont prédéfinis. S'ils sont dépassés, le pilote est instantanément averti.

L'architecture d'EGNOS repose sur 34 stations de référence au sol, de centres de calculs et de télécommunication, ainsi que des trois satellites géostationnaires. Les stations de référence enregistrent en permanence des informations, dont



PRda: 03.06.00 00:00-00: UTC



ABda: 20.05.00 00:00-00: UTC

Fig. 3: précision DGPS issue du service proposé par Swisstopo



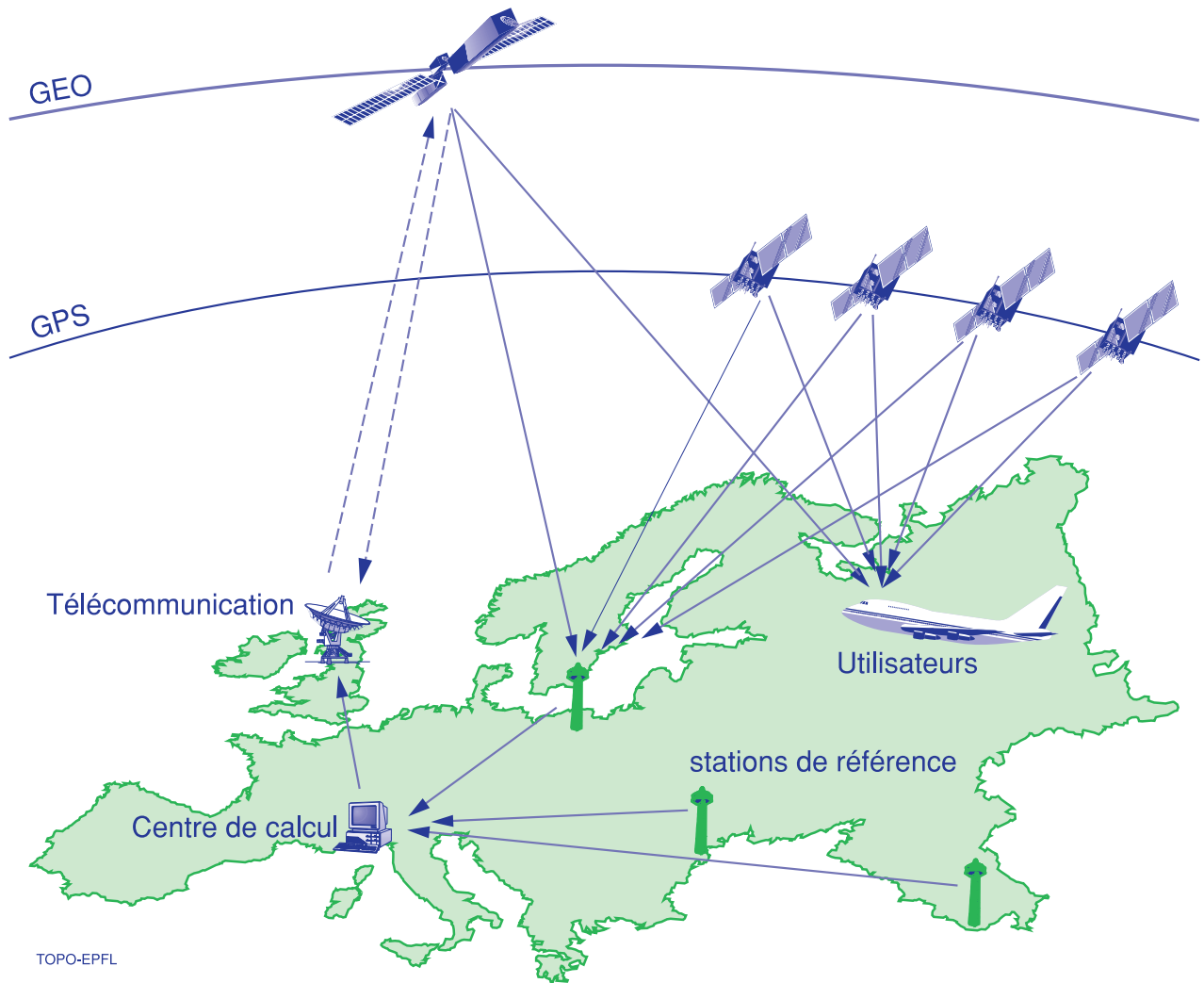


Fig. 4: architecture d'un système d'augmentation de GPS

les observations GPS. Les centres de calculs estiment les paramètres de corrections du GPS et génèrent les messages qui seront retransmis aux utilisateurs via les satellites de télécommunication.

La particularité de la diffusion des messages dans le programme GNSS1 est de ne pas avoir à disposer d'un récepteur particulier pour leur réception. L'ensemble des messages sera diffusé sur la bande L1 utilisée par le GPS. D'ores et déjà, des récepteurs GPS (Novatel, Garmin) offrent la possibilité de décoder et d'intégrer ces messages.

La date de mise en service d'EGNOS est fixée en 2004. Pour l'instant ce service est disponible dans une version réduite, sous le nom d'ESTB (EGNOS System Test Bed), à des fins d'évaluation.

Au printemps 2002, le Laboratoire de Topométrie de l'EPFL a pris part à certains essais à bord d'un véhicule évoluant sur le réseau routier. Les positions fournies par l'ESTB sont comparées à une trajectoire de référence de haute précision obtenue par le traitement en mode relatif de mesures de la phase GPS [Gilliéron, 1998] (voir fig.5).

Un tel service de corrections différentielles et d'intégrité trouvera certainement un large champ d'application dans tous les domaines des transports. Même si l'aviation civile est la plus exigeante, d'autres profiteront d'un service de qualité.

GALILEO: l'Europe entre dans le marché de la localisation par satellites

Le programme EGNOS a démontré le besoin de la communauté civile de créer son propre segment de contrôle de GPS. Toutefois, cette solution n'est pas entièrement satisfaisante pour donner à l'Europe une indépendance pour le développement de ses applications de navigation [Gilliéron, 1999].

Le projet GALILEO, qui vise à mettre en place le premier système de positionnement et de navigation par satellites conçu pour les besoins civils, répond à ces préoccupations. Ce projet, après de longues discussions des ministres européens des transports, vient de recevoir le feu vert et le compteur tourne pour sa réalisation.

Quand on sait qu'il a fallu près de 25 ans pour mettre en place toute l'infrastructure de GPS, le défi est de taille pour la Commission européenne qui propose un système opérationnel pour 2008.

GALILEO reposera sur une constellation de 30 satellites placés en orbite à 24'000 km d'altitude, couvrant la totalité du globe avec un réseau de stations de contrôle au sol. Chaque satellite sera doté d'une horloge atomique donnant



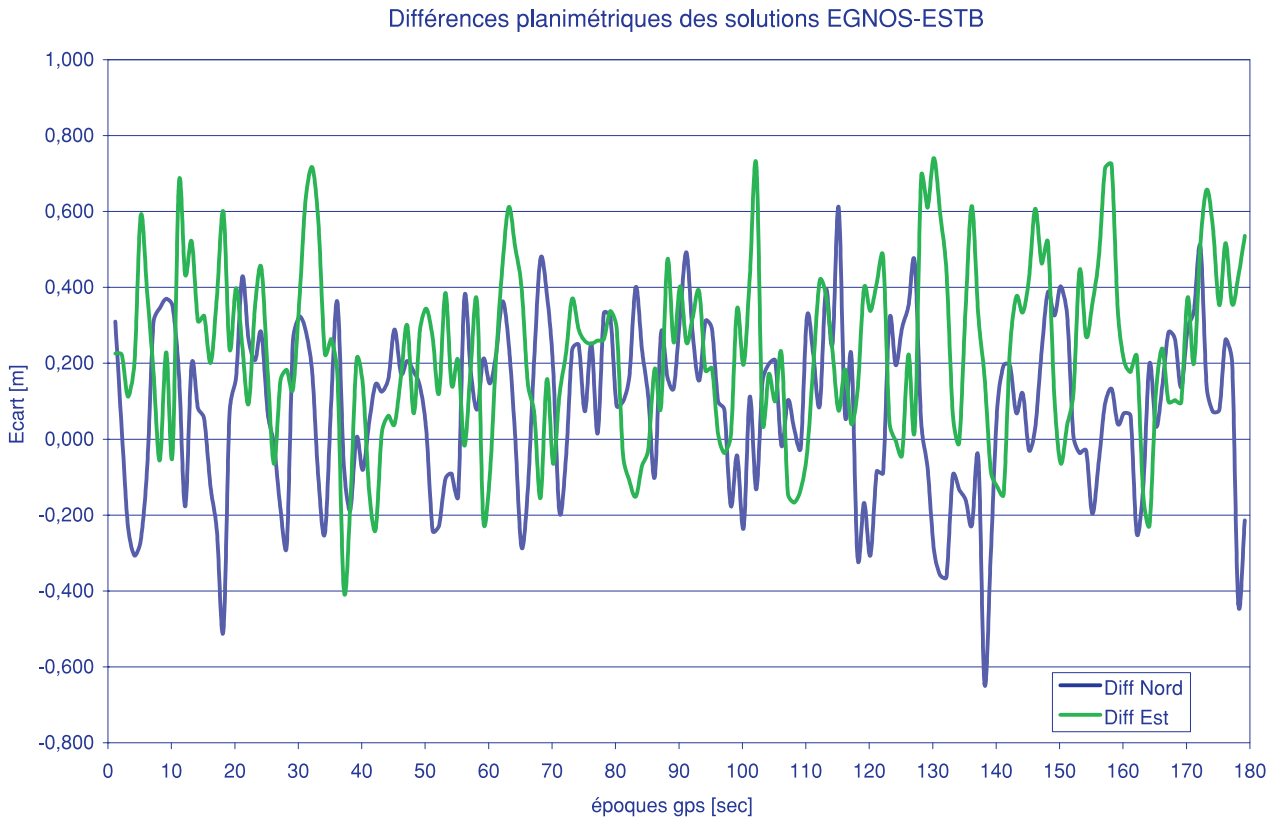


Fig. 5: analyse de précision des positions fournies par EGNOS-ESTB

une très grande précision dans la mesure du temps et qui permettra de localiser à **un mètre** près tout objet fixe ou mobile. GALILEO offrira plus de précision, une meilleure couverture et également un message d'intégrité dans le but d'informer immédiatement les utilisateurs des éventuelles erreurs qui peuvent apparaître.

GALILEO proposera plusieurs niveaux:

- service de base gratuit pour les applications de loisir et pour des services d'intérêt;
- service à accès restreint pour des applications commerciales et professionnelles nécessitant des performances supérieures;
- service à accès très restreint pour des applications qui ne doivent subir aucunes perturbations.

Les enjeux du développement de GALILEO sont cruciaux pour l'Europe, que ce soit en termes technologiques, économiques et, surtout, en termes stratégiques et politiques.

L'évolution des produits de positionnement et de navigation

La géolocalisation des mobiles pour les secours et la sécurité

Lorsqu'en octobre 1996, la commission fédérale américaine des communications (FCC) publia son rapport, celui-ci marqua le début d'une compétition acharnée dans la mi-

niaturisation des composants électroniques pour les récepteurs GPS. Elle manda les fournisseurs de réseaux de téléphone mobile, afin qu'ils offrent des centres d'assurances permanents pour les appels d'urgence. En plus de relayer l'information vers les services adéquats (police, pompiers, ambulances, ...), les centres doivent être en mesure de délivrer la position exacte de l'appelant. Ce nouveau service, appelé E911 (*enhanced 911*) doit être totalement opérationnel au 31 décembre 2005. Connaître la position de tout utilisateur de téléphone mobile avec une précision variant, dans le 95% des cas, de 150 m à 300 m suivant le type de technologie utilisée, telle sera la conséquence directe de l'application de cette nouvelle loi.

Avec un marché de plus de 130 millions de personnes, il n'en fallait pas plus pour motiver l'industrie à réduire taille, poids et consommation des puces GPS de façon à les intégrer directement dans un téléphone portable.

Du premier récepteur *portable* de 1982 pesant plus de 25 kilos et consommant une puissance de 110 Watt, la miniaturisation ne s'est pas faite du jour au lendemain. En 1988 apparaissent sur le marché les récepteurs de poche, mais il faut encore attendre 10 ans pour qu'en 1999 on le retrouve à l'intérieur d'une montre comme celle développée par Asulab (www.asulab.ch). La taille actuelle des plus petits modules GPS varie aux alentours des 20 x 20 x 3 mm. L'entreprise suisse u-blox (www.u-blox.ch) joue un rôle de leader dans le domaine avec son nouveau récepteur TIM dont les versions précédentes étaient déjà intégrées aux produits de l'entreprise finlandaise Benefon (www.benefon.com).





Fig. 6: des récepteurs GPS à l'intérieur de nos objets quotidiens

Du GPS à la carte digitale

La connaissance de sa position uniquement n'étant pas toujours d'un grand secours, l'usage simultané de cartes digitales permet à l'utilisateur une meilleure orientation. La représentation graphique, les diverses fonctionnalités, ainsi que la taille de l'écran jouent ici un rôle primordial. Ces dernières considérations expliquent l'arrivée sur le marché des « Assistants Personnels Digital » plus connus sous leur dénomination anglophone comme PDA (Personal Digital Assistant). Qu'ils fonctionnent avec un système d'exploitation Palm OS ou Windows CE, tous présentent maintenant

la possibilité de connecter divers périphériques offrant d'innombrables applications.

Des récepteurs/antennes GPS intégrés sur des cartes CompactFlash transforment votre ordinateur de poche en un système de navigation complet. Ces applications permettent d'accéder aux cartes digitales de chaque pays. L'utilisateur peut visualiser la ville dans laquelle il se déplace et, à chaque instant, sa position est reportée sur la carte. Ces systèmes offrent de nombreuses fonctionnalités, dont le calcul d'itinéraires et le guidage.

Le partenariat établi entre l'ordinateur de bureau et l'assistant personnel vous permet de choisir exactement le contenu de la carte selon vos besoins. Dans la majorité des cas, cette opération s'effectue intuitivement puisqu'il suffit de délimiter la zone d'intérêt à l'écran et de la charger sur le PDA, la seule limite étant la capacité mémoire de ce dernier. Mais peut-on encore parler de limitation de mémoire lorsqu'un *micro-drive* augmente de quelques gigabytes la capacité mémoire de votre ordinateur? Les cartes digitales de Suisse, France, Belgique et Luxembourg confondus occupant un peu plus de 500 Mb, vous voilà parés pour une belle excursion.

Les PDA peuvent également recevoir des modules de télécommunication comme une carte GSM ou GPRS. Ces moyens de communication enrichissent votre système de navigation qui peut à chaque instant envoyer sa position à d'autres utilisateurs ou bien recevoir de l'information détaillée selon l'endroit où l'on se trouve.

Les serveurs de données spatiales sont en plein développement, ils pourront vous offrir une multitude d'informations sur le tourisme, les principaux commerces, l'état du trafic, les appartements en location, etc. Information, communication, localisation et traitement, voici les ingrédients des services basés sur la géolocalisation (LBS).



Fig. 7: l'information géographique devient de plus en plus conviviale et intègre toujours plus de traitements automatiques des données



Les systèmes de navigation de l'automobile au piéton

La navigation automobile

Appeler les systèmes de navigation pour l'automobile sous un nom générique de «GPS» est faux; c'est plutôt une astuce de marketing. Le GPS n'est qu'une composante utilisée par le système. En effet, le récepteur GPS peut uniquement indiquer une position, mais ne connaît ni les routes, ni les lieux, et encore moins les sens interdits. Le système complet doit donc recourir à des données digitales du réseau routier. Les routes principales et secondaires, ainsi que les dessertes ont été digitalisées avec une précision de quelques mètres (5 à 20m) par des sociétés privées comme Teleatlas et Navtech. Sur une telle carte, figurent, en plus des routes et chemins, parkings, hôpitaux, hôtels, gares, aéroports, giratoires, sens de circulation, et bien d'autres points d'intérêt. C'est aussi grâce à la carte et à sa base de données associée, que vous pourrez choisir le type de routes que vous désirez. Comme, par exemple, les routes ou autoroutes, le parcours le plus rapide ou le plus court.

Mais cela ne suffit toujours pas, pour une plus grande précision le système intègre bien souvent un gyroscope. Celui-ci lui permet de connaître certains mouvements du véhicule et de repérer ainsi les changements de direction importants, synonymes de virages. En confrontant cette information avec celle contenue dans les données de la carte, le système procède à un recalage en utilisant des algorithmes de *map-matching*. Cette technique est très utile lorsque le GPS ne fournit plus de positions (canyon urbain, tunnels). Une information odométrique est également utilisée, afin que le système connaisse la distance parcourue par le véhicule. Cette mesure peut être obtenue en intégrant la vitesse mesurée par le compteur du véhicule.

Avec cet ensemble d'outils, le système atteint une précision d'une dizaine de mètres, largement suffisant pour guider le conducteur dans un environnement urbain.

Comme on se l'imagine, un tel module conçu pour l'automobile n'est pas des plus facile à transporter. Comment peut-on rendre le tout portable de façon à ce qu'un piéton puisse connaître sa position même en l'absence de réception de signaux provenant des satellites ou du réseau de téléphonie mobile?

Vers une navigation pédestre

Se basant sur le même principe que celui développé pour les automobiles et reprenant le concept de la navigation à l'estime, **la navigation pédestre** se présente comme la dernière arrivée dans le monde de la géomatique. *Last but not least* serait-on tenté d'ajouter, tant les domaines d'applications sont multiples et variés. Des études de géo-marketing au guidage de personnes aveugles, du suivi d'alpinistes à la localisation de touristes dans une ville, du civil comme du militaire, la connaissance de sa position ne peut plus seulement dépendre de la visibilité simultanée de 4 satellites.

Si, comme mentionné, le principe de navigation à l'estime reste le même, les modèles utilisés sont, eux, totalement différents. A la constance de la circonférence d'une roue s'oppose la taille du pas humain qui peut varier de quel-

ques dizaines de cm selon les circonstances. En cumulant cette source d'erreur sur des milliers de pas, l'incertitude sur la distance parcourue croît rapidement. A cela vient s'ajouter la problématique de l'azimut de déplacement qui peut, selon les mouvements (pas arrières, pas de côté, ...), différer de l'azimut mesuré.

Afin de résoudre ces nombreux défis, deux travaux de doctorats [Gabaglio, 2002; Ladetto, 2002] se sont déroulés au Laboratoire de Topométrie du professeur Bertrand Merminod. Après 4 ans de recherches et quelques centaines de kilomètres parcourus dans diverses conditions (ville, forêt, bâtiments, plages, etc.), un produit commercial voit le jour. Fruit d'une étroite collaboration avec Leica Vectronix, le PNM – *Pedestrian Navigation Module* conjugue un récepteur GPS, 3 accéléromètres, 3 capteurs magnétiques et un baromètre pour un poids inférieur à 50 grammes. De la même taille qu'un paquet de cigarette, il se place à la ceinture et fournit à l'utilisateur, pas après pas, ses coordonnées. Délivrante l'information géographique dans un format standard (NMEA- *National Marine Electronics Association*), son interfaçage avec tout logiciel de navigation permet une représentation visuelle de sa position ainsi que le suivi d'un itinéraire ou d'une trajectoire prédéfinie.



Fig. 8: le PNM (Pedestrian Navigation Module): un système de localisation tridimensionnelle miniaturisé (74 x 48 x 18 mm) complet pour moins de 50 grammes

Principes de fonctionnement

A l'instar des empreintes digitales, chaque personne a un profil de marche qui lui est propre. Ainsi, si le contenu fréquentiel varie autant, l'établissement de tout modèle général nécessitera obligatoirement un processus de normalisation. Normalisation, parce que la fréquence de pas, lors de déplacement sans contraintes, est à peu près semblable pour tous les individus. Les paramètres seront ensuite automatiquement adaptés, afin de décrire au mieux le style de marche de la personne. Les différences de vitesse pour une même fréquence sont donc une conséquence directe de la taille des pas. L'hypothèse que la taille des pas est proportionnelle à la taille de la personne ou, plus justement, à celle de ses jambes, est raisonnable. En normalisant la vitesse de déplacement en fonction de ces paramètres, il est donc théoriquement possible de passer de modèles individuels à un modèle plus universel. Cependant, une personne marchant à une fréquence donnée n'effectue pas toutes ses enjambées de la même longueur. La variabilité des foulées en référence à une constante, chez une même personne et à une fréquence don-



née, est de fait impossible à prédire. Le but ne sera donc pas de modéliser un événement « pas » de manière précise, mais de reproduire une distance parcourue, composée d'un ensemble de pas, le plus fidèlement possible.

Cette approche se base sur un concept pouvant s'énoncer de la manière suivante: *"Pour une fréquence de pas donnée, la taille des pas chez une même personne peut être considérée comme constante. La variation naturelle de ceux-ci suit une loi normale centrée à l'origine et dont la variance est inversement proportionnelle à la fréquence de marche"*. Cela signifie qu'à un pas plus long correspondra un pas plus court, ramenant ainsi la distance parcourue en un nombre déterminé de pas, pour une fréquence donnée, à une valeur considérée comme constante. Les écarts de longueurs entre deux pas successifs seront, eux, autant plus importants que la vitesse et la fréquence de pas seront lentes.

Le déplacement d'une personne peut être perçu comme similaire à une polygonale (ou cheminement) en topométrie. La distance entre deux points correspond à une enjambée, alors que l'angle permettant d'aller d'un point à l'autre est tout simplement l'azimut de déplacement.

Les perturbations magnétiques influençant grandement la qualité de l'azimut calculé avec le compas, une détection de celles-ci est nécessaire. On les identifie par l'utilisation d'un gyroscope. Ce dernier, basé sur un principe physique différent du compas, fournit un azimut fiable même en présence de perturbations magnétiques. Selon l'information et les données disponibles, divers traitements sont effectués. Les deux points de rattachement aux extrémités de la polygonale sont des positions géographiques connues ou obtenues par mesures GPS (fig.9).

L'intégration de données GPS permet, non seulement, une localisation absolue de la personne, mais également le calibrage du modèle de marche, ainsi que le défaut d'alignement du PNM avec l'axe de marche. Par contre, il n'est pas

nécessaire de recourir aux signaux GPS pendant le parcours. En effet, une précision inférieure à 5% de la distance parcourue (1% - 2% dans des cas favorables) peut être garantie en toute autonomie.

Conclusion

Cet article a fait un tour d'horizon de l'évolution des méthodes de localisation par satellites et des systèmes de navigation autonome. De nombreuses initiatives sont en cours afin d'améliorer la précision, la fiabilité et la disponibilité de l'information de positionnement et de navigation. Des domaines très exigeants en matière de sécurité, comme l'aviation civile, auront recours à ces méthodes de localisation, grâce au haut degré d'intégrité des systèmes.

Pour les utilisateurs terrestres, la couverture offerte par les systèmes de radionavigation n'est pas toujours suffisante. Il existe alors des alternatives aux méthodes satellitaires qui combinent divers capteurs de navigation en voiture ou à pied.

Connaître sa position en tout temps et de manière autonome n'est vraiment utile que dans un contexte où cette donnée n'est qu'une composante d'un dispositif plus complexe. En couplant la position tridimensionnelle d'une personne à une carte numérique ou à un système d'information géographique, l'exploitation de la base de données associée fournit alors des indications sur l'environnement direct de la personne.

Finalement, les divers systèmes de positionnement et de navigation offrent une redondance dont tous les utilisateurs peuvent bénéficier. Une certaine concurrence est toujours utile afin de réguler les prix du marché et éviter ainsi une situation de monopole. Un système de positionnement et de navigation est un instrument stratégique et il est préférable pour le citoyen qu'il ne soit pas unique et contrôlé par

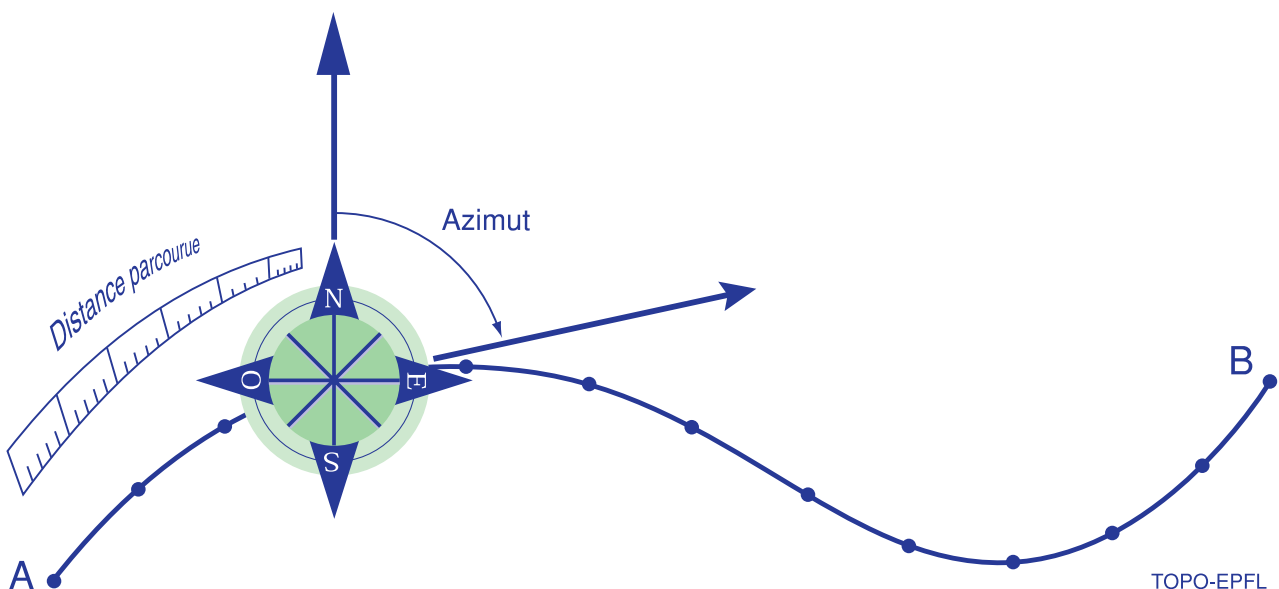


Fig. 9: principe de la navigation à l'estime





Fig. 10: navigation à l'estime effectuée par un aveugle en plein centre ville de Lausanne

un seul état. La liberté de se déplacer fait partie des aspirations majeures de la plupart des gens et on se sentira encore plus libre si l'on peut choisir son système de navigation et assurer son autonomie.

Références

- **Kummer Patrick** (2000), *Mesures GPS après la suppression de la SA*, Rapport technique, Office fédéral de Topographie.
- **Gilliéron P.-Y.** (1998), *Le GPS, vers une banalisation du positionnement?*, Flash informatique EPFL, <http://www.epfl.ch/SIC/SA/publications/FI98/fi-5-98/5-98-page1.html>.
- **Gilliéron P.-Y.** (1999), *GNSS2: vers un système européen de navigation par satellites*, Mensuration, Photogrammétrie et Génie Rural 01-99.
- **Gabaglio V.** (2002), *GPS/INS System Integration for Low-Dynamic Application*, Thèse de doctorat EPFL, in prep.
- **Ladetto Q.** (2002), *Capteurs et algorithmes pour la localisation autonome en mode pédestre*, Thèse de doctorat EPFL, en préparation.
- **Ladetto Q., Merminod B.** (2002), *Digital Magnetic Compass and Gyroscope Integration for Pedestrian Navigation*, 9th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, Russia, May 27-29.

Liens intéressants

- Laboratoire de Topométrie: <http://topo.epfl.ch>
- Office fédéral de Topographie – Swisstopo: <http://www.swisstopo.ch>
- ESA - navigation: <http://www.esa.int/export/esaSA/navigation.html>
- EGNOS-ESTB: <http://www.esa.int/export/esaEG/estb.html>
- GALILEO: http://europa.eu.int/comm/energy_transport/en/gal_en.html
- Leica-Vectronix: <http://www.leica-vectronix.com/>
- Suppression de la SA: http://www.ngs.noaa.gov/FGCS/info/sans_SA/ ■



*Compilation de différents articles,
en provenance notamment
du site de l'ESA*



Jacqueline-Dousson@epfl.ch
EPFL – Service
informatique central

Galileo, l'indépendance européenne pour le positionnement par satellite

Les

utilisateurs européens des satellites de navigation n'ont d'autre alternative aujourd'hui que de se fonder sur les données fournies par le GPS américain ou le GLONASS russe pour connaître leur position. Or ces deux systèmes sont sous contrôle d'opérateurs militaires qui ne peuvent donc garantir la continuité du service; en cas de situation internationale tendue le signal pourrait être crypté ou dégradé pour les utilisateurs en dehors des forces armées des pays responsables du service. Par ailleurs, la navigation par satellite est devenue la norme pour la navigation en haute mer et bientôt pour les transports terrestres et la circulation aérienne; une coupure de signal peut déjà aujourd'hui être très grave mais quand la localisation par satellite se sera généralisée, elle pourrait mettre en péril l'efficacité des transports et la sécurité des personnes.

C'est pourquoi dès les années 90, l'Union européenne a compris à quel point il était important que l'Europe se dote d'un système mondial indépendant placé sous contrôle civil. C'est un projet de très grande envergure qui a officiellement démarré en mars 2002, même si l'ESA, *Agence Spatiale Européenne*, maître d'œuvre de Galileo y travaille déjà depuis plusieurs années.

Le calendrier

Un premier satellite expérimental sera lancé fin 2004: il permettra de caractériser les technologies critiques qui sont en cours de développement. Entre 2005 et 2006, de un à quatre satellites seront lancés pour valider la constellation Galileo de base et le segment sol associé. La capacité opérationnelle totale devrait être atteinte en 2008.

Les contraintes

En plus de préserver l'indépendance européenne, d'autres facteurs ont été pris en compte dans l'élaboration du projet:

- Galileo devra être compatible avec les programmes GPS et GLONASS, ainsi il deviendra une des pierres angulai-



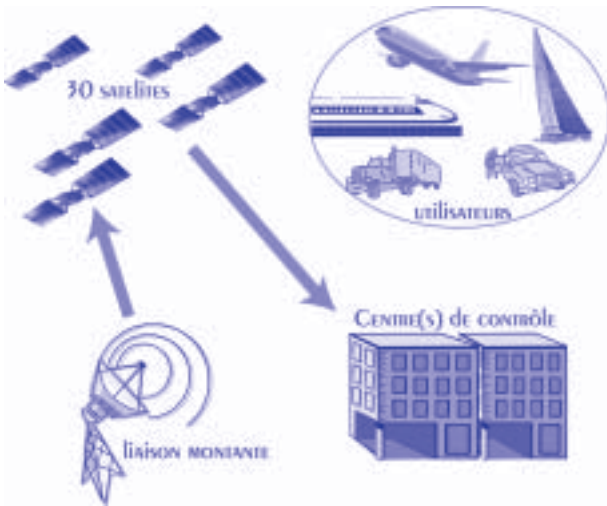
res du futur Système mondial de navigation par satellite (GNSS). Le GNSS, placé sous contrôle civil permettra de déterminer une position quasiment en tout endroit du monde, même dans des villes où la hauteur des bâtiments interdit le passage des signaux provenant de satellites situés à une faible hauteur par rapport à l'horizon.

- Les latitudes élevées sont mal desservies par le système GPS, notamment l'Europe du Nord. Pour y remédier les orbites de Galileo seront plus inclinées par rapport à l'équateur que celles du GPS.

La technologie

Pour connaître l'endroit où l'on se trouve, il faut avoir une horloge précise. C'était déjà vrai au XVII^{ème} siècle quand les navigateurs, pour estimer la longitude, devaient connaître l'heure d'un point de référence, en l'occurrence Greenwich, en sachant que l'heure locale est modifiée d'une heure par rapport à celle de Greenwich par segment de 15 degrés de longitude parcouru. Jusqu'à l'invention de John Harriison, dont l'horloge ne variait que d'une seconde par jour (d'où une précision spatiale de 500m), les mécanismes embarqués étaient très imprécis, d'où quelques surprises ...

La problématique n'a pas tellement changé depuis, pour savoir où l'on est, il nous faut toujours mesurer le temps, seulement la dérive n'est plus que de quelques milliardièmes de seconde par jour ! Pourquoi avoir besoin d'une telle précision dans la mesure du temps, parce que tout système de navigation par satellite est basé sur le temps que met pour arriver jusqu'à vous un signal émis par le satellite, signal qui voyage à la vitesse de la lumière !



Et quand on cherche à mesurer un temps avec une grande précision, c'est bien sûr vers la Suisse que l'on se tourne. Plus précisément vers Neuchâtel où sont mises au point les 2 types d'horloges qui seront embarquées. Une spin-off de l'Observatoire (Temex Neuchâtel Time) a été mandatée par l'ESA pour développer une horloge basée sur un oscillateur au rubidium. La précision des oscillateurs au rubidium liée à la stabilité de la fréquence d'oscillation des atomes qui est de 6 milliards par seconde, correspond à une distance terrestre inférieure à 45cm ! L'autre technique développée par l'Observatoire de Neuchâtel utilise un Maser à hydrogène dont

la fréquence est de 1.4 milliards par seconde. Ces deux technologies ont la particularité de pouvoir être embarquées dans l'espace.

Une fois entièrement déployée, la constellation Galileo comprendra 30 satellites (27 opérationnels et 3 de réserve) postés sur des orbites circulaires à 23616 km d'altitude, inclinées de 56° par rapport à l'équateur. Les signaux Galileo seront fournis jusqu'à une latitude de 75° nord, ce qui correspond au Cap Nord.

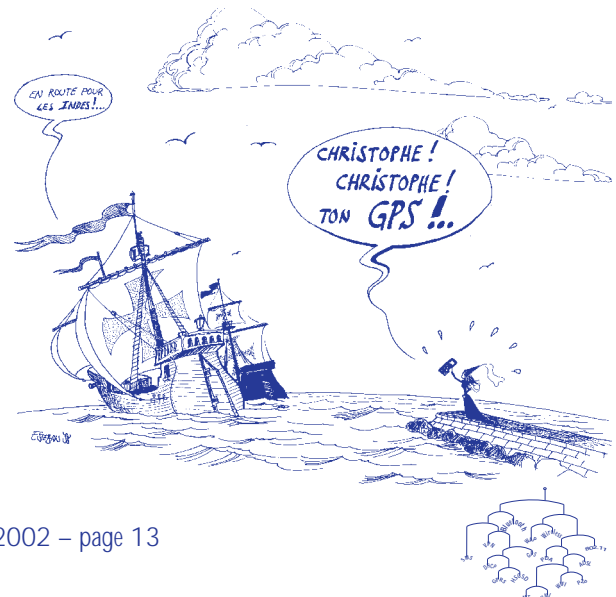
Deux centres de contrôle seront installés en Europe pour suivre le fonctionnement des satellites et gérer le système de navigation. Pour éviter la dérive des 2 horloges embarquées, celles-ci seront synchronisées régulièrement avec des horloges au césium dans les centres de contrôle, horloges d'une plus grande stabilité à long terme que les horloges embarquées.

Conclusion

Avec Galileo, l'Europe fait un pas décisif politique, technique et aussi industriel. En effet, les retombées commerciales seront très importantes, un grand nombre de services liés au positionnement vont pouvoir se développer, que ce soit au niveau des secours, de la surveillance climatique, des transports, et la possibilité de combiner Galileo avec les téléphones portables va permettre l'éclosion de nombreux services à forte valeur ajoutée.

Pour en savoir plus

- les bases du GPS expliquées dans le Flash informatique 5/1998: <http://sic.epfl.ch/publications/FI98/fi-5-98/5-98-page1.html>
- le site de l'ESA: <http://www.esa.int>
- la page de l'ESA sur le projet Galileo: http://www.esa.int/export/esaCP/ESAW2HF18ZC_France_0.html
- la page Galileo de l'Union Européenne: http://www.europa.eu.int/comm/energy_transport/en/gal_en.html
- le site de Temex Neuchâtel Time SA: <http://www.temex.ch>
- lire aussi **l'île du jour d'avant** de Umberto Eco, pour retrouver les difficultés rencontrées par les marins du XVII^{ème} pour mesurer le temps et donc connaître la longitude. ■



Utilisation des périphériques mobiles dans les solutions eLearning: de purs gadgets?... pas si sûr!



Frederic.Geoffroy@epfl.ch
Yassine.Rekik@epfl.ch
Christine.Vanoirbeek@epfl.ch
EPFL
Faculté informatique et communications
Groupe de recherche MEDIA

Le terme **eLearning** est devenu usuel pour désigner l'ensemble des approches, techniques et outils visant l'intégration des moyens informatiques dans le processus d'apprentissage et de formation. Depuis plusieurs années, le groupe de recherche MEDIA (Faculté I&C) en a fait un terrain d'investigation privilégié pour l'application des nouvelles méthodes issues de l'ingénierie des documents, en particulier l'usage de la technologie XML. Il est, à ce titre, impliqué dans de nombreux projets implémentant des solutions eLearning actuellement utilisées dans plusieurs institutions pour la formation des ingénieurs.

L'un des principaux objectifs visés par le **eLearning** est très clairement la conception et l'expérimentation de solutions s'adaptant aux nouvelles situations d'apprentissage que la technologie génère. Cette exigence se traduit par la nécessité de fournir des solutions flexibles qui s'adaptent aux profils variés des apprenants incluant notamment:

- la mobilité géographique: les solutions eLearning permettent un accès distant aux ressources; elles ne limitent plus l'apprenant à la contrainte de présence dans une

salle de cours ou dans un laboratoire d'expérimentation;

- la gestion du temps: la disponibilité des ressources et les moyens de communication permettent à tout un chacun d'organiser son emploi du temps en fonction de ses contraintes;

- l'autonomie: les nouvelles technologies autorisent les apprenants à avancer à leur propre rythme et les incitent à se prendre en charge.

L'une des questions qui se posent est la suivante: *les assistants digitaux mobiles (PDA) ont-ils un rôle à jouer dans cette optique de formation flexible?*

Avant de répondre à cette question, nous résumons très brièvement les avantages des PDA ainsi que leurs limitations. Il est clair que le PDA est facilement transportable et est très adapté aux utilisateurs mobiles (étudiants prenant fréquemment le train, ingénieurs voyageant de manière régulière). Dans ce sens, l'utilisation des PDA comme un support d'apprentissage contribue à augmenter la flexibilité géographique et temporelle des apprenants.

D'un autre côté, les PDA présentent (du moins pour l'instant) de sévères limitations qui sont liées à la taille restreinte de leur mémoire, leur faible capacité de stockage, la taille réduite

de leurs écrans, l'absence de couleur pour certains d'entre eux et, bien sûr, l'éventuelle absence de possibilité de se connecter à un réseau.

Ainsi, l'utilisation actuelle de PDA dans le cadre du eLearning doit-elle, selon nous, se prêter à un travail qui n'exige pas de connexion en temps réel (possibilité de synchronisation éventuelle par la suite), généralement de courte durée (typiquement quelques minutes) et dans des conditions qui ne requièrent pas une concentration maximale de la part de l'utilisateur (dans un train par exemple).

Convaincus des apports de l'informatique mobile au niveau de la flexibilisation de l'apprentissage, mais conscients des limites actuelles, nos efforts en termes d'expérimentation portent sur des scénarios d'utilisation qui apportent une valeur ajoutée à des situations spécifiques s'accommodant des contraintes évoquées.

Un exemple illustratif de cette approche est le domaine de l'auto-évaluation via des questionnaires à choix multiples (QCM).



QuizReader pour PDA

Dans le cadre du projet Classroom 2000 (<http://www.classroom2000.ch/>), nous avons développé un outil, basé sur XML, pour la création, la restitution et le remplissage de QCM. Un tel outil permet à un professeur de créer un lot de questions à choix multiples, de les classer, de les relier au support de cours et de générer des questionnaires à thèmes. Du côté de l'apprenant, il permet de choisir un questionnaire à réaliser, de répondre aux questions en indiquant son niveau de confiance, d'avoir une évaluation de ses réponses et, s'il le souhaite, des explications et renvois vers le support de cours en cas d'erreur.

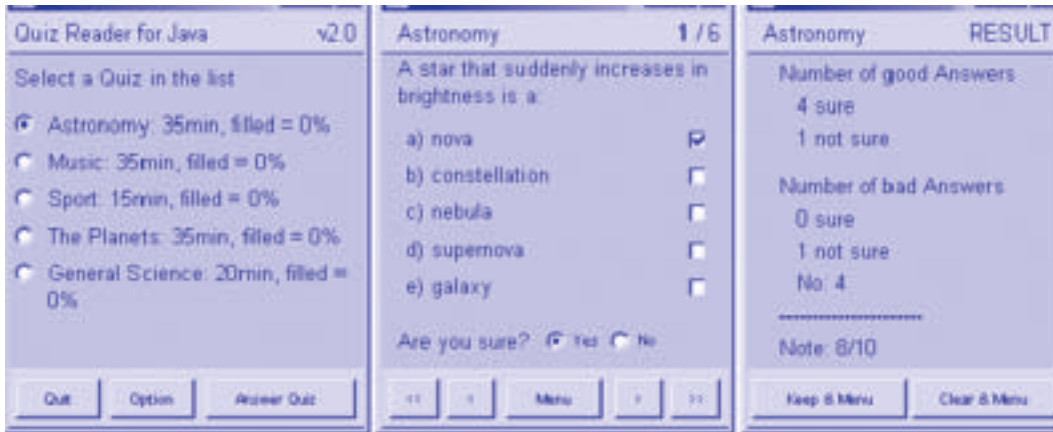


figure 1

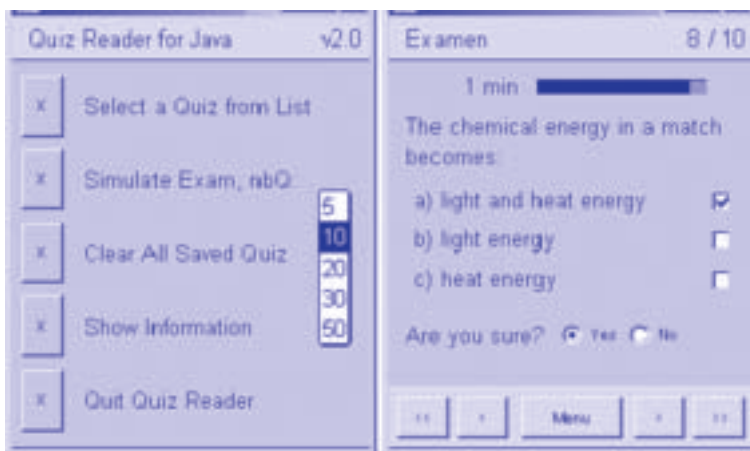


figure 2

Pour réaliser la version PDA, plusieurs critères ont été considérés; les plus importants étant: la facilité d'échange de données entre la version **classique** et celle sur PDA, la sélection des fonctions pertinentes à offrir sur PDA, l'adaptation de l'interface aux écrans de taille réduite, et enfin, la portabilité entre différents systèmes d'exploitation (surtout PalmOS et WinCE).

Concernant *l'échange des données*, l'existence au format XML des informations a constitué un gain de temps appréciable pour la génération des questionnaires accessibles sur PDA. Les formats requis sur le Web ou sur PDA s'obtiennent par simple transformation des structures XML. Deux modes d'utilisation sont proposés à l'utilisateur: le mode **classique** (figure 1) et le mode **examen** (figure 2) qui impose une limitation de temps pour fournir les réponses (visant à simuler les conditions d'un examen).

Les fonctions pertinentes qu'il nous a semblé opportun de réaliser sur le PDA excluent le système de production des questions lui-même; un tel outil auteur requiert un confort d'utilisation que le PDA ne peut offrir. Dans le même ordre d'idées, les liens sur des éléments de contenus pédagogiques disponibles sur Internet ne sont actuellement pas implémentés; le mode **connecté** étant encore très peu utilisé et pas forcément disponible sur tous les PDA.

Pour ce qui concerne *l'adaptation de l'interface* à la taille réduite des écrans, nous avons repensé l'affichage des questionnaires en passant d'un questionnaire présentant plusieurs questions par page sur le Web à l'affichage d'une seule question par page sur PDA. Nous avons également réduit au

minimum l'espace réservé à la barre d'outil en adoptant un scénario d'utilisation plus rigide et systématique (par exemple: le défilement séquentiel des questions).

Enfin, nous avons considéré les problèmes d'incompatibilité entre les deux systèmes PalmOS et WinCE qui se partagent

le gros du marché. Pour offrir une solution portable, l'utilisation de Java s'est imposée avec de multiples choix de plates-formes Java possibles (*Sun J2ME, Sun Personal Java, Waba, SuperWaba, EWE*). Le choix s'est porté sur Waba (<http://www.wabasoft.com>) car elle est, selon nous, à l'heure actuelle, la plate-forme la plus adaptée pour la création d'applications garantissant une grande compatibilité Palm et PocketP.

Conclusion

L'utilisation des PDA dans le cadre d'une solution eLearning globale nous paraît digne d'intérêt dans l'optique de contribuer à la flexibilisation du processus d'apprentissage même si certaines contraintes dues à la technologie de ces outils et à leur mode d'utilisation spécifique limitent encore le champ d'application.

Dans le cas de l'outil de réalisation de QCM, et afin de garantir une grande portabilité, le choix de Java et de XML pour le développement des différentes versions (Web, Palm, PocketPC) s'est avéré judicieux. Ceci ne doit cependant pas nous faire perdre de vue l'hétérogénéité des différents appareils du marché qui nécessitent certaines adaptations d'un système à un autre.

Les choix technologiques effectués ont néanmoins permis d'arriver en un temps réduit à une version exploitable sur les principaux PDA du marché. Il faudra maintenant un test en conditions réelles d'enseignement (prévu au semestre d'hiver 2002-2003, <http://emersion.epfl.ch>) pour évaluer s'il y a un apport pédagogique réel ou s'il s'agit d'un gadget de plus ! ■





Pour la petite histoire, les premières lignes qui devaient impérativement commencer la nouvelle nous ont été inspirées par l'histoire de BlueTooth: «Le roi Gorm régnait sur la province du Danemark appelée le Jütland. En l'an 908 sa femme Thyre donna naissance à un fils. Le petit Harald appris très jeune à respecter les traditions familiales que prônait la société Viking et à préserver le royaume des envahisseurs. La majorité de la population scandinave à l'époque d'Harald était composée de fermiers. Ils vivaient dans des camps où ils gardaient le bétail et les chevaux nécessaires afin de cultiver les champs. Ces communautés étaient gérées par de grands chefs qui créèrent des empires et augmentèrent leurs possessions terrestres et le nombre de leurs sujets. La communauté la plus pauvre et la plus faible des vikings était représentée par les esclaves. C'est dans cette société que le jeune Harald plus tard appelé Harald Blatand (BlueTooth) a grandi, ce surnom vient probablement de deux vieux mots danois, bla signifiant peau sombre et tan signifiant grand homme, une autre traduction de Blatand est BlueTooth. Il réussit en son temps l'exploit d'unifier le Danemark et la Norvège, royaumes vikings, à l'heure où l'Europe était divisée tant par des querelles de religions que de territoires. Le symbole de la technologie BlueTooth est une rune viking»



Note de la rédaction:

Nous sommes heureux de vous présenter le lauréat du prix de la meilleure nouvelle 2002: **Eric Ecoffey** qui a reçu un chèque de mille francs offert cette année par Generation Notebook Lausanne.



Deux autres nouvelles ont été retenues par le jury; il s'agit de:

- **La Tunique magique** de François Guichon, EPFL - Constructions et exploitation du patrimoine immobilier;
- **Ligne de déviance** de Cédric Reinhardt, étudiant à l'école d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg.

Vous pourrez les découvrir sur le Web à l'adresse sic.epfl.ch/publications/FI02/fi-sp-2/.



Et maintenant place à la nouvelle qui a fait cette année l'unanimité du jury.

«Le dixième siècle avait dix ans; Gorm régnait sur le Jütland. Il avait de Dame Thyre un fils Harald. La paix ne régnait pas dans cette contrée scandinave où chaque communauté rêvait de conquérir sa voisine. Dame Thyre, de nature peureuse, craignait pour la vie de son fils de deux ans qu'elle sentait menacé de mille dangers dès qu'il s'éloignait avec les enfants des fermiers d'alentour. Un matin de mai, pour le garder à portée de vue... »

Elle jeta un rapide coup d'œil par-dessus son épaule. L'école reposait, accablée par la chaleur estivale. Les couloirs vides ne résonnaient plus que du bruit de quelques pas perdus, les bureaux désertés s'étaient assoupis, une odeur de vacances flottait et elle s'ennuyait. Elle retourna à l'écran et cliqua sur la flèche du dérouleur de texte, curieuse de connaître la suite de l'histoire. Une question lui répondit.

«Vous êtes à présent Dame Thyre. Comment protégeriez-vous votre fils de la menace qui le guette ?»

C'était son premier jeu de rôle *online*. Celui-ci était proposé sur le site de la compagnie de télécoms à laquelle elle était abonnée. Elle réfléchit en jouant nerveusement de la souris. Le pointeur batifolait parmi les lettres rouges qui couraient sur l'écran. En arrière-plan rôdait la silhouette d'un manoir moyenâgeux posé sur une colline toute de vert vêtue. Un visage flottait dans le ciel nuageux, celui du personnage qu'elle avait choisi d'être, Dame Thyre, dont les yeux bruns plongeaient dans les siens, comme à l'affût d'un brin de conversation.

«Quel danger menace votre fils, chère Dame Thyre ?» s'entendit-elle lui demander à voix haute.



Eric Ecoffey et Adrien Bürki (lauréat 2001) fêtant ensemble le prix 2002

Un autre enfant se profilait à l'horizon de ses pensées. Son propre fils. Harry. Elle l'avait appelé ainsi à cause de l'histoire d'Harry Potter qu'elle avait tant aimée. Elle songea à la solution adoptée pour assurer sa surveillance durant les deux heures qu'il passait seul le lundi après-midi. La *webcam*. Le troisième œil de maman, lui avait-elle soufflé à l'oreille, la lunette magique qui lui permettait de le voir où qu'elle fût. Une façon comme une autre de lui passer un fil à la patte. Un fil électronique. A l'époque de Dame Thyre, cela aurait été impossible. Mais un fil tout court... Ses doigts hésitèrent un instant au-dessus du clavier avant de se poser sur les touches pour y composer sa solution au problème.

«Dame Thyre passa un fil autour de la cheville de son fils, un fil fin mais solide, dont la longueur correspondait au rayon de son champ de vision. Elle attacha l'autre extrémité à l'un des anneaux fixé au mur extérieur. Elle pouvait ainsi vaquer à ses occupations tout en ayant l'enfant à portée de vue.»

La souris couina et le message fut envoyé. Il faisait chaud et le sommeil la gagnait. Ses pensées s'effiloçaient. Elle se demanda comment le serveur gérait les réponses personnalisées de chacun des participants. Si elle avait choisi d'être Harald, peut-être aurait-elle dû chercher le moyen d'échapper à la surveillance de sa mère. En coupant le fil. Ou en

débranchant la *webcam*. Impossible pour un enfant de deux ans. Mais la faire tomber ? Elle imagina la caméra basculer, entendit le bruit de sa chute et se redressa brusquement sur sa chaise le cœur battant, réveillée par le vacarme de son propre rêve. Harry dormait-il vraiment ? Ses yeux croisèrent le regard tourmenté de Dame Thyre dans lequel il lui sembla lire la même interrogation. Elle ouvrit alors une nouvelle fenêtre et composa l'adresse de l'ordinateur familial. Une minute trop longue s'écoula, au bout de laquelle seul un message d'erreur s'afficha: *The connection was refused when attempting to contact 162.169.62.140*. Sur le dos de la souris, ses doigts tremblaient. Elle tenta de se rassurer. La ligne devait être encombrée. Mais à sa seconde tentative, sa main affolée sélectionna l'adresse des télécoms au lieu de la sienne.

Le visage fantomatique de Dame Thyre envahit à nouveau l'écran, au bas duquel courait la suite de l'histoire.

«Votre solution est acceptée. Dame Thyre a donc noué un fil autour de la cheville de son fils et, rassurée, l'a envoyé jouer. A ce moment, l'intendant vint requérir ses conseils pour la préparation du repas du soir. Ce ne serait pas long. Dame Thyre le suivit dans la cour du château.»

La porte derrière elle s'ouvrit et le directeur de l'école apparut dans l'encadrement. Elle sursauta. Il lui avait dit prendre congé cet après-midi.

«Thérèse, pourrais-je vous dicter une courte lettre maintenant ? Ce ne sera pas long. Vous regarderez vos photos de vacances plus tard.»

Elle éteignit précipitamment l'écran, mais il avait dû voir l'image, surtout ce visage aussi pâle que le sien, prit son bloc et le suivit dans son bureau.

Lorsqu'elle ralluma son poste vingt minutes plus tard, les lettres rouges d'une nouvelle question dansaient sur l'écran.

«Dame Thyre revint un moment après et chercha son fils du regard. En vain. Elle ne le voyait nulle part. L'inquiétude la gagna. Il lui était difficile de quitter le château. Qu'allait-elle faire ?»



Thérèse ferma la fenêtre sans envoyer de réponse, cliqua pour en ouvrir grand une autre et sélectionna son adresse, sans se tromper cette fois-ci. Il lui fallait chasser la panique qu'elle sentait couler en elle, voir son fils endormi, un instant seulement. Sur l'écran, un petit sablier distillait les secondes de son attente inquiète. Enfin l'ordinateur toussota et cracha le message d'erreur, qui proclamait n'avoir toujours pas pu atteindre l'adresse désirée.

Ce fut comme un serpent glacial qui se glissait le long de sa colonne. Qu'allait-elle faire ? Il lui était difficile de quitter son bureau. Elle hésita un instant puis se décida. Tant pis. Elle prétexterait un malaise, ce qui n'était pas complètement faux d'ailleurs. Elle allait partir. Tout de suite. Après avoir rassemblé ses affaires et griffonné une note à l'attention du directeur, elle ferma les documents sur lesquels elle travaillait et fit taire le message d'erreur. Son attention fut alors attirée par la fenêtre du jeu. La question avait disparu, bien qu'elle n'y ait pas répondu, et la suite de l'histoire s'affichait.

«L'angoisse de Dame Thyre était telle qu'elle avait décidé de partir elle-même à la recherche de son fils. Elle laissa quelques instructions à l'intendant et partit en courant.»

Quel jeu stupide ! Elle éteignit son poste et partit en courant.

Assise sur un strapontin à la housse lacérée, Thérèse écoutait le haut-parleur égrener le chapelet des arrêts. Au troisième, son téléphone portable sonna. Un SMS. Le texte était bref.

«Bonjour Dame Thyre. Ici Thor, le Seigneur des Terres d'en Haut. Vous cherchez votre fils ? Moi aussi. Il vaudrait mieux pour vous que vous le trouviez avant moi...»

Les battements de son cœur affolé résonnaient à ses oreilles. D'où provenait ce message ? Son esprit essaya d'échafauder une explication logique. Elle avait joué sur le site de la compagnie de télécoms à laquelle elle était abonnée. Celle-ci disposait donc de son numéro de portable. Et l'avait communiqué à un joueur qui avait endossé le rôle de ce Thor. Oui, c'était l'explication, certainement. Elle composa rapidement sa réponse.

«Je ne joue plus.»

A ce moment, le haut-parleur annonça le nom de la station à laquelle elle devait descendre. Thérèse dévala la rue jusqu'à son immeuble, gravit quatre à quatre les escaliers jusqu'à la porte de son appartement, engagea la clé dans la serrure d'une main *balbutiante*, se rua dans la chambre de son fils et constata que celle-ci était vide. Affolée, elle se jeta sur le lit encore plein de la tiédeur du petit corps, souleva l'édredon, appela «Harry, Harry, où es-tu ?» et s'agenouilla pour regarder sous le sommier. En se relevant, elle croisa le regard éteint de la *webcam*. Elle ne fonctionnait plus. Le fil a été coupé, songea Thérèse avec une ironie amère et elle courut dans sa propre chambre à coucher, espérant que, peut-être, son fils s'y était dissimulé.

La première chose qu'elle vit en entrant dans la pièce, ce fut son visage. Livide. Toujours le même. Et des yeux, si pareils aux siens, qui la regardaient. Dame Thyre était déjà là, sur l'écran de son ordinateur. Thérèse s'approcha. La suite du jeu s'affichait au bas de la page.

«Affolée, Dame Thyre s'était lancée à la recherche de son fils. Depuis le mur d'enceinte, elle avait suivi le fil, courant et trébuchant, jusqu'à un massif de blocs rebondis. Le fil dormait là, lové au soleil. Il avait été coupé. De traces de son

fil, aucune. Dame Thyre battit les grandes herbes, regarda derrière chaque rocher, appela «Harald, Harald, où te caches-tu ?» et se laissa choir au sol. Thor, certainement, l'avait enlevé. Thor, le Seigneur des Terres d'en Haut. Il convoitait l'Ost du Jütland et avait plusieurs fois menacé de s'en prendre à l'enfant de Gorm pour l'utiliser comme monnaie d'échange. Si Thor n'obtenait pas ce qu'il voulait, il tuerait Harald.»

Thérèse lisait et se disait qu'elle devenait folle. Folle. Ses ongles labouraient les paumes de ses mains. Thor était le signataire du SMS. C'était impossible. Elle voulut hurler, se mordit les lèvres. Qu'allait-elle faire ? Où était Harry ? Elle ferma les yeux un instant, pour réfléchir, les rouvrit et vit avec horreur que ces mêmes questions s'inscrivaient à présent sur l'écran.

«Que va faire Dame Thyre ? Où peut être Harald ?»

Thérèse et Dame Thyre échangèrent un regard. La folie la guettait. Les guettait. Elle hésita. Sur ses lèvres, il y avait le goût salé des larmes et, blotties entre ses cuisses, deux mains poisseuses de transpiration. Peut-être. Peut-être avait-elle perdu la raison. Mais peut-être aussi était-ce le seul moyen de retrouver Harry. Alors, très lentement, elle composa sa réponse, suivant le fil d'un espoir absurde.

«Peut-être Harald avait-il échappé à ses ravisseurs. Ne se serait-il pas dissimulé, les voyant arriver ? Peut-être ne pouvait-il entendre les appels de sa mère d'où il se trouvait.»

Elle n'écrivit rien de plus, n'ayant aucune idée de l'endroit où l'enfant aurait pu se cacher, et envoya le message. La réponse vint immédiatement. Trop rapidement, songea Thérèse.

«La nuit tombait. Elfes et farfadets allaient pointer leurs nez hors des grottes qu'ils habitaient. Les grottes. Dame Thyre songea aux histoires contées à son fils. Quiconque s'y abritait devenait invisible. Comme les créatures magiques. S'il avait voulu se cacher, c'est certainement dans les grottes que Harald serait allé.»

Thérèse lisait à voix haute. Les elfes. Elle s'en souvenait maintenant. Elle les avait inventés pour Harry, avec d'autres êtres fantastiques, leur imaginant mille aventures nocturnes au terme desquelles ils s'installaient dans l'armoire du balcon où ils vivaient la journée invisibles aux yeux des humains. Se pourrait-il que Harry s'y soit réfugié ? Il n'y avait aucune raison à cela, mais la raison n'avait pas vraiment eu son mot à dire jusqu'à présent. Elle se précipita sur le balcon. La porte de l'armoire était entrebâillée et elle l'ouvrit doucement. Harry était là, blotti dans les pulls de laine. Thérèse sentit le poids de sa peur rouler à ses pieds et demanda à son fils ce qu'il faisait là. Il ne répondit pas, lui lança un regard effrayé, agrippa la main qu'elle lui tendait et la suivit docilement dans l'appartement sans mot dire. Alors qu'ils traversaient la chambre, elle remarqua sur l'écran la page d'accueil des télécoms. Dame Thyre était partie. Son natel sonna à ce moment-là. Sans lâcher son fils, Thérèse s'empara de l'appareil. A l'autre bout du fil, une voix grave la félicitait.

«Bravo Dame Thyre. Ici Thor, Seigneur des Terres d'en Haut. Vous avez gagné. Vous avez retrouvé votre fils. Vous remportez donc cette partie. Ferez-vous mieux la prochaine fois ? Nous verrons. D'ici là, veillez bien sur votre fils. Et surtout n'oubliez pas de renouveler votre abonnement Internet.» ■



*Nicola.Tomatis@epfl.ch,
Ralph.Piguet@epfl.ch & Team Robotics*

EPFL
*Faculté des sciences et techniques de l'ingénieur
Laboratoire de systèmes autonomes 1*

Ordinateurs à Roulettes, ou l'Etat de l'Art de la Robotique Mobile

Robotics: l'Exposition

Qui n'a jamais entendu parler de *Robotics*? Mais oui, *Robotics*, l'exposition qui, dans le cadre d'Expo.02, donne l'occasion aux visiteurs d'interagir avec des robots qui servent de guides. Cette exposition fait partie de la thématique *nature et artifice* de l'Arteplage de Neuchâtel. Le message-clé réside dans le rapprochement entre les robots et les humains qui est tangible avec les thèmes: robotique industrielle, robotique personnelle et robotique **cyborg** présentée à travers *Robotics*.

Point fort de l'exposition, les quelque dix robots vont à la rencontre des visiteurs et les invitent à les suivre. Bougeant, chantant, clignotant, grimaçant, ces étranges machines donnent des explications sur l'exposition en français, al-

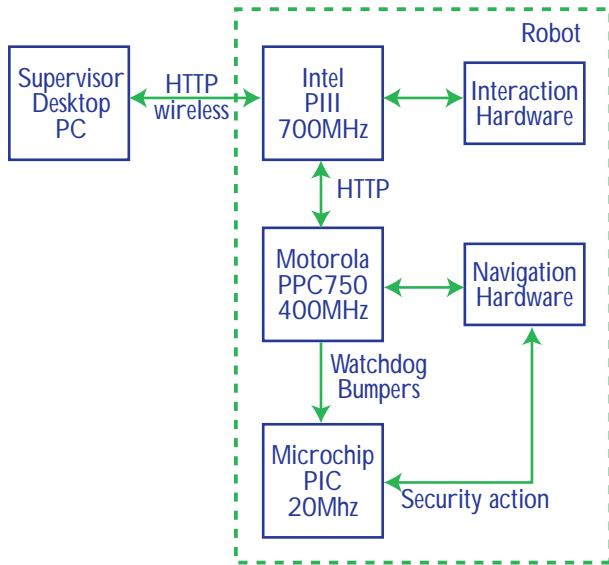
lemand, italien ou anglais. Baptisés RoboX, les guides de *Robotics* ont été développés par le *Laboratoire de Systèmes Autonomes* de l'EPFL et produits par la start-up *BlueBotics SA*. Ils connaissent précisément leur position à chaque instant, ils évitent les obstacles, renseignent les visiteurs, interagissent avec eux en les suivant des yeux et en utilisant des expressions de leur visage, et permettent aux visiteurs de répondre à leurs questions grâce à leurs boutons lumineux.

RoboX: l'Ordinateur Mobile

RoboX a un système de contrôle complexe comprenant une carte Intel Pentium III à 700 MHz, une carte Motorola PowerPC 750 à 400 MHz et un microcontrôleur PIC à



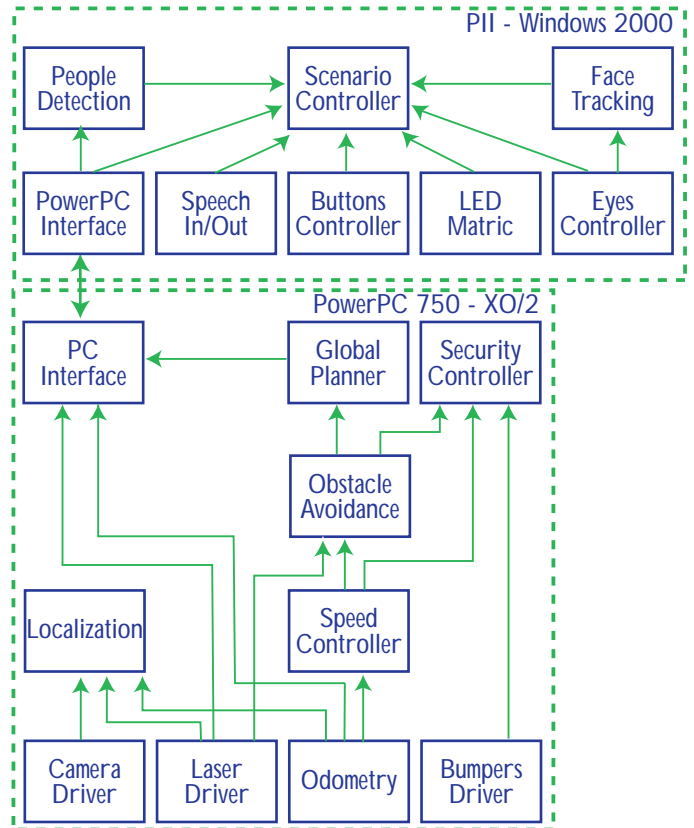
20 MHz. Il est complètement autonome dans ses fonctions de navigation et d'interaction. Une connexion wireless avec un PC de supervision est utilisée pour visualiser son état depuis l'extérieur.



Le processeur Intel est chargé du contrôle de l'interaction. Au cœur de ce système il y a le contrôleur de scénario qui gère tous les composants du robot en permettant de créer des séquences complexes. Dans le cadre de *Robotics*, elles aboutissent à la tâche de *robot guide d'exposition*. Ces composants sont:

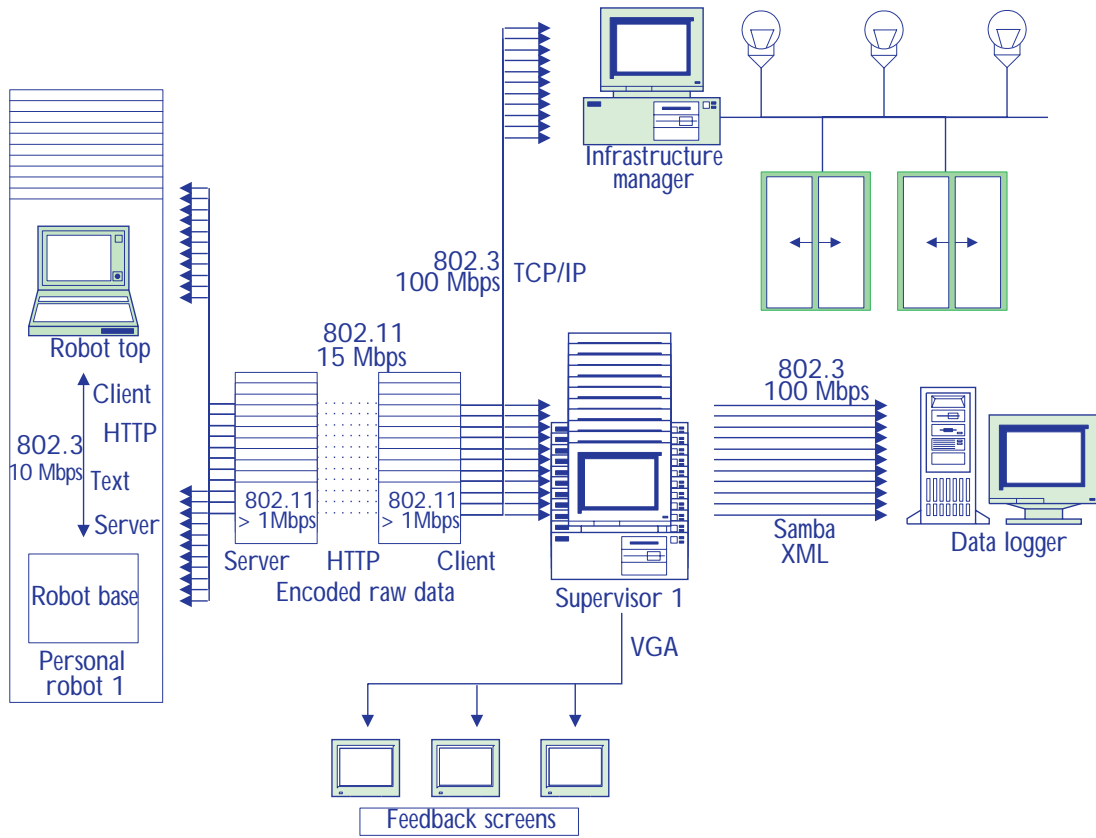
- la détection de personnes (présence et mouvement), à l'aide de deux *scanners laser*;
- le mouvement du robot, grâce à l'interface avec le PowerPC;
- le contrôle de la parole en quatre langues;
- la détection de réponses avec les boutons;
- l'affichage d'icônes dans l'œil droit;
- la détection de visage avec une caméra couleur dans l'œil gauche;
- le suivi de visage à l'aide du contrôleur de mouvement des yeux qui permet aussi d'afficher des expressions.

La partie navigation est confiée au PowerPC, lequel utilise le système d'exploitation temps réel XO/2 (hard real-time deadline driven). Ce dernier s'occupe d'une part de garantir que le robot évite d'une façon active les obstacles qui l'entourent et d'autre part, de toujours savoir où il se trouve dans l'environnement. Vu l'importance de ces deux tâches du point de vue de la sécurité (éviter collisions et accidents en général) le PowerPC garantit, grâce à des watchdogs, que chacune des tâches critiques qu'il exécute est toujours active. Cela est fait par une tâche de sécurité (*security controller*) qui envoie aussi un signal vers le processeur PIC pour qu'il soit lui-même toujours supervisé par quelqu'un. Le PIC ne se charge pas seulement de garantir que le PowerPC est toujours en fonction, mais en plus il contrôle que les plaques tactiles (bumpers) sont toujours prises en charge par le PowerPC et que la vitesse limite n'est jamais dépassée. Si le PIC détecte un problème, il stoppe instantanément le robot et le met en état d'alarme (alarme sonore et visuelle).



Arteplage de Neuchâtel: le réseau





Structure du système informatique de Robotics



Interface de supervision d'un RoboX



Même si les robots sont entièrement autonomes dans leurs fonctionnalités, ils sont reliés à un réseau pour permettre de visualiser leurs états, sauvegarder leurs données pour des études *off-line*, pour qu'ils puissent interagir avec l'environnement (allumer des lumières, démarrer des démonstrations) et pour qu'ils sachent quelle visite n'est pas déjà occupée par un autre robot.

Vu l'importance d'une telle communication et vu que les robots bougent, le *frequency hopping* (IEEE 802.11) a été choisi même s'il ne permet qu'une bande passante maximale de 3 Mbps par robot et de 15 Mbps au total. Le IEEE 802.11b aurait permis une bande passante jusqu'à 11 Mbps par robot, mais le risque de perte de connexion combiné à la lenteur de connexion était trop handicapant.

Comme expliqué plus haut, un robot a deux cartes processeur. Cela demande une double connexion sans fil. Le *Station Adapter SA-40* (PRO.11 series) de BreezeCom a été choisi car il permet jusqu'à quatre connexions sur le même élément. Pour garantir une couverture optimale ainsi qu'une bande passante maximale, six Access Point (BreezeCom AP-10) sont répartis dans la zone de travail des robots. Avec une bande passante garantie de 3 Mbps chacun, ils couvrent toute la plage de fréquence, ce qui permet d'atteindre le maximum total de 15 Mbps. En réalité, cinq auraient été suffisants, mais le sixième garantit une redondance.

Comme on peut le voir dans le schéma de la page précédente, le système installé à Neuchâtel est relativement complexe. Il comprend les dix robots, les dix superviseurs, un système domotique, le *data logger* et trois écrans supplémentaires qui permettent aux visiteurs de voir ce que nous contrôlons.

Les superviseurs reçoivent les données du PC et du PowerPC des robots par liaison sans fil en utilisant le protocole HTTP. Cela permet de visualiser l'image de la caméra

de l'œil gauche, l'image affichant les données de la localisation et l'évitement d'obstacles, la position du robot dans son environnement et toutes les données d'état des composants software.

La même liaison sans fil permet aux robots d'allumer des lumières, contrôler les autres robots (Alice) et interagir avec un projecteur vidéo via TCP/IP et ce, grâce au système domotique DOMOS (Infrastructure manager). Le *data logger* (Oracle DB) s'active automatiquement la nuit pour sauvegarder toutes les informations provenant des robots. Ces dernières sont stockées, pendant la journée, sur les superviseurs en format XML.

Et en plus, ça marche!

À mi-juillet, après 60 jours de travail, les robots ont guidé dans l'exposition de Neuchâtel plus de 250'000 visiteurs. Ils ont travaillé pour un total de 4'900 heures, bougé pendant 3'400 heures et parcouru au total 1150 km. Au rythme de 600 MB par robot et par jour, le réseau a déjà fait transiter plus de 280 GB entre les robots et le *data logger* en passant par les superviseurs et leurs interfaces.

Avec ces résultats, le projet Robotics est déjà la référence au niveau mondial dans le domaine de la robotique mobile. En effet, jamais autant de robots n'ont interagi avec autant de personnes pendant une durée si importante.

Et ça continue jusqu'au 20 octobre 2002 ...

A voir

<http://robotics.epfl.ch>

<http://dmtwww.epfl.ch/isr/asl/>

<http://www.bluebotics.com/> ■



cadavre exquis mis en scène par un RoboX





Vivant la vie sans fil

Convergence vers l'utilisateur, c'est le mot d'ordre de toute technologie mobile à l'heure actuelle. Utiliser un téléphone, un PDA (*Personal Digital Assistant*), des bornes à haut débit dans les lieux publics et dans les transports c'est le futur proche qui attend les utilisateurs. Ce phénomène se généralise notamment grâce à des terminaux de plus en plus sophistiqués et de moins en moins chers.

Proposer des applications Wireless aujourd'hui consiste à fournir un dispositif miniature, une transmission de données adaptée à la situation, et des services intéressants et utiles. Ces services mobiles libèrent l'utilisateur des contraintes du réseau et des terminaux en lui assurant un accès personnalisé indépendamment de sa position. Cette liberté engendre deux grands axes de problèmes: les problèmes liés à l'ubiquité du réseau et les problèmes liés à la personnalisation du

flux des données transmis à l'utilisateur. C'est pour pallier ces deux types de problématique et pour capitaliser un savoir-faire dans ces domaines que le MISL a été créé en 2001 à l'Ecole d'ingénieurs et d'architectes de Fribourg (EIA-FR).

MISL: vision et mission

Le MISL (*Mobile Information System Laboratory*) est un laboratoire de recherche appliquée actif dans deux domaines complémentaires: les télécommunications mobiles et les technologies de l'information. Se dotant d'une vision visant à forger des tendances futuristes dans le secteur des services mobiles et nomades de l'information, il se propose comme un partenaire privilégié des PME en leur fournissant son expertise, son savoir faire dans le domaine, et ses activités de veille technologique.



Le MISL focalise ses activités de recherche appliquée sur l'ingénierie de l'information et sur le *Wireless Web*. L'ingénierie de l'information traite de la problématique du management (structuration, diffusion, et archivages) de l'information en se basant sur la famille des standards XML (XSL, SMIL, WML, XHTML, VoiceXML, SyncML, ebXML, SOAP, etc.). Quant au *Wireless Web*, il se focalise sur les problèmes d'accès liés au type de réseau et aux supports mobiles (GSM, GPRS, UMTS, WLAN, BLUETOOTH, MIDP, VHE, PDA, EBOOK, etc.).

Des projets sans fil

Plusieurs projets ont été réalisés ou sont en cours de réalisation dans le cadre des activités du laboratoire: i-athlète en collaboration avec l'HEVs (Valais), Mitech (MISL), i-games (MISL), e-coach en collaboration avec la société TECOST, etc.

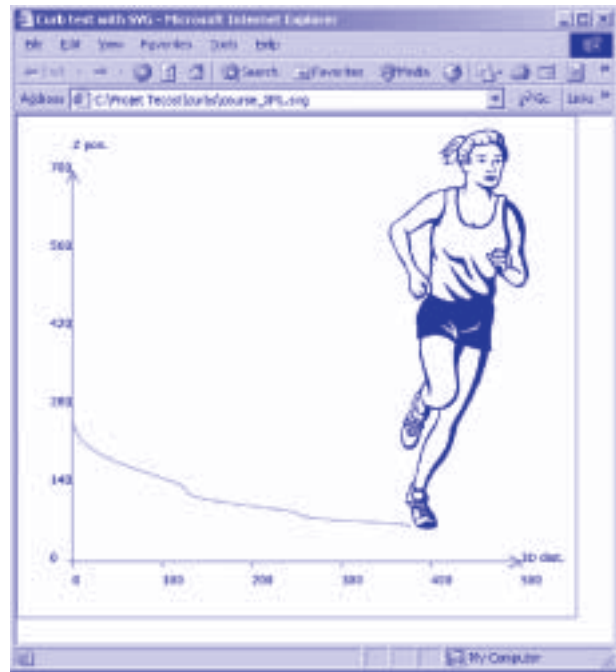
Le projet i-games (MISL)

Les résultats du projet i-games ont débouché sur la mise en place d'une plate-forme de jeux sous forme de services. L'implémentation est basée sur un kit de développement d'agent mobile Grasshoper sous Windows CE. La plate-forme offre une multitude de services: enregistrement, accès, authentification, *code delivery*, *player management*, etc.

L'architecture globale est composée de trois parties:

1. la plate-forme i-games avec une base de données pour stocker les profils des utilisateurs (user, login, devices, etc.). Le point (A) est une interface unique Web/Wap pour l'authentification des joueurs.
2. l'architecture i-games des différents accès réseau (WLAN, Bluetooth, 2/3G, et un modem fixe). Trois interfaces d'accès ont été définies (points 1,2,3).
3. le terminal mobile: trois types ont été définis selon leurs performances, leur mémoire, et leur écran.

Les résultats des tests de performance concernant la plate-forme, l'accès aux différents réseaux, et le taux de transfert, ont mis en évidence les différents points à améliorer dans le domaine des agents mobiles, des accès aux réseaux afin d'offrir des services de qualité aux utilisateurs.



Le projet e-coach (MISL/TECOST)

Aujourd'hui, le sport est pratiqué à tous les niveaux. Partout autour de nous, on rencontre le sportif du dimanche tout comme le sportif professionnel. Sans distinction, chacun désire améliorer ses performances et observer sa progression. Le projet e-coach a pour objectif d'offrir à tout athlète un outil moderne de *monitoring* de performance permettant de suivre le déroulement des entraînements effectués, de comparer les activités effectuées, et de recevoir les commentaires et les conseils d'un *coach* sur les aspects techniques liés au sport pratiqué.

En un mot, e-coach désire fournir à n'importe quel pratiquant de sport un *cyber coach* atteignable à tout moment et de n'importe quel endroit. Ainsi, un athlète équipé d'un cardiofréquencemètre, d'un système de positionnement GPS ou d'un tachymètre et d'un téléphone portable pourra transmettre toutes ces informations relatives à son entraînement au serveur Web et recevoir en retour une visualisation synthétisant de façon continue les données relatives à son activité sportive.

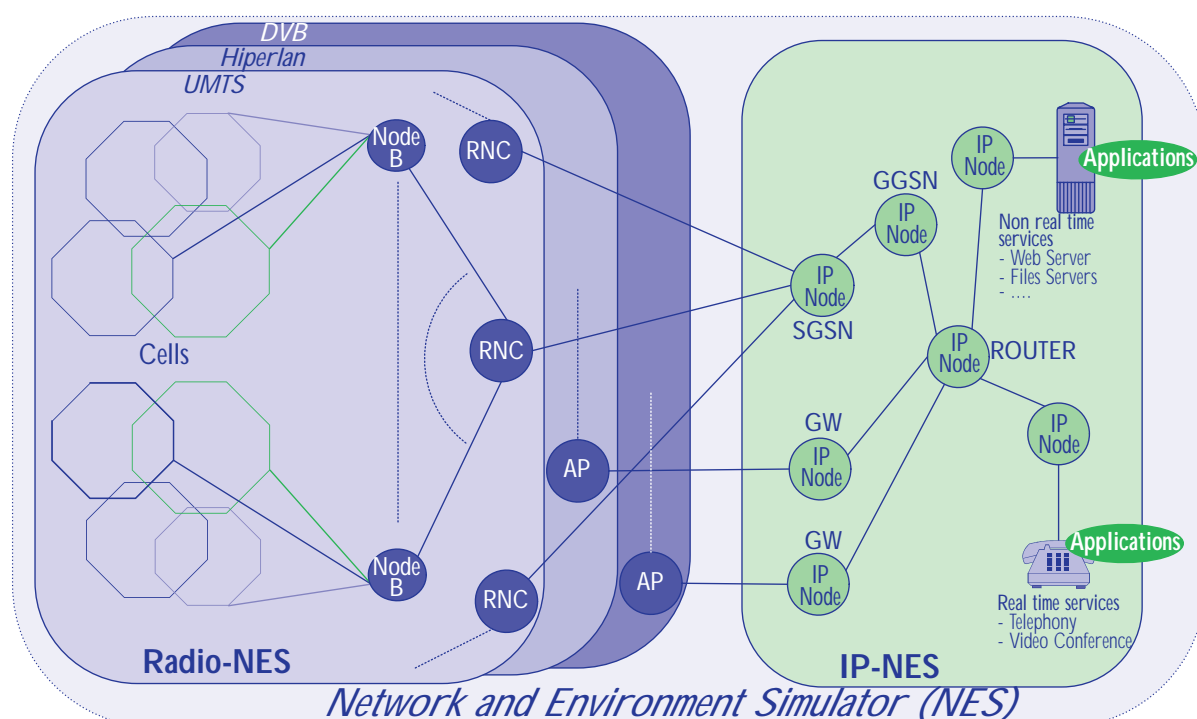
Cette visualisation peut se faire à tout moment sur un PC, un PDA ou un téléphone portable. Le système développé est compatible J2EE. Il combine un large spectre de nouvelles technologies comme XML, SVG pour la visualisation, et Bluetooth pour la communication afin de permettre le transfert des données entre les différentes unités.



Le projet MONASIDRE

Le but du projet est le développement d'un logiciel permettant la gestion en temps réel d'un réseau de télécommunication mobile de 3^{ème} génération comprenant un segment radio et un segment IP. Le segment IP joue le rôle de *core network* alors que la partie radio peut être divisée en trois segments: un segment UMTS (*Universal Mobile Telecommunications Systems*), un segment DVB (*Digital Video Broadcasting*) et un segment Hiperlan (*Communication à large bande*). Sur le plan informatique ce projet peut être divisé en deux parties principales:

1. la partie management qui comprend, entre autres, les algorithmes de décision pour la reconfiguration du réseau;
2. la partie simulation du réseau dont le but est de permettre de valider la partie management sans pour autant disposer d'un véritable réseau.



Structure générale des réseaux mobiles simulés dans le projet MONASIDRE

La figure représente schématiquement les différents éléments que le NES (*Network and Environment simulator*) doit simuler. L'intervention de l'HEVs dans ce projet consiste essentiellement à développer et à implémenter, en C++, la partie simulation du réseau IP (IP-NES).

L'ensemble de la plate-forme MONASIDRE s'exécute de manière distribuée au travers d'un bus CORBA. Le simulateur de réseau IP s'exécute dans un environnement Linux alors que le reste de la plate-forme s'exécute dans un environnement Windows.

Le projet MONASIDRE est un projet du 5^{ème} programme cadre de recherche européenne, programme IST. En plus de l'HEVs il comprend 6 partenaires européens. Son budget global est de plus de 4,4 M€ dont environ la moitié est prise en charge par la Communauté Européenne. La participation de la HEVs est financée par l'Office Fédéral de l'Education et de la Science (OFES). Planifié sur deux

ans, ce projet se terminera à fin 2002. Pour de plus amples informations sur MONASIDRE vous pouvez consulter le site <http://www.monasidre.com/>.

Le projet I-ATHLETE

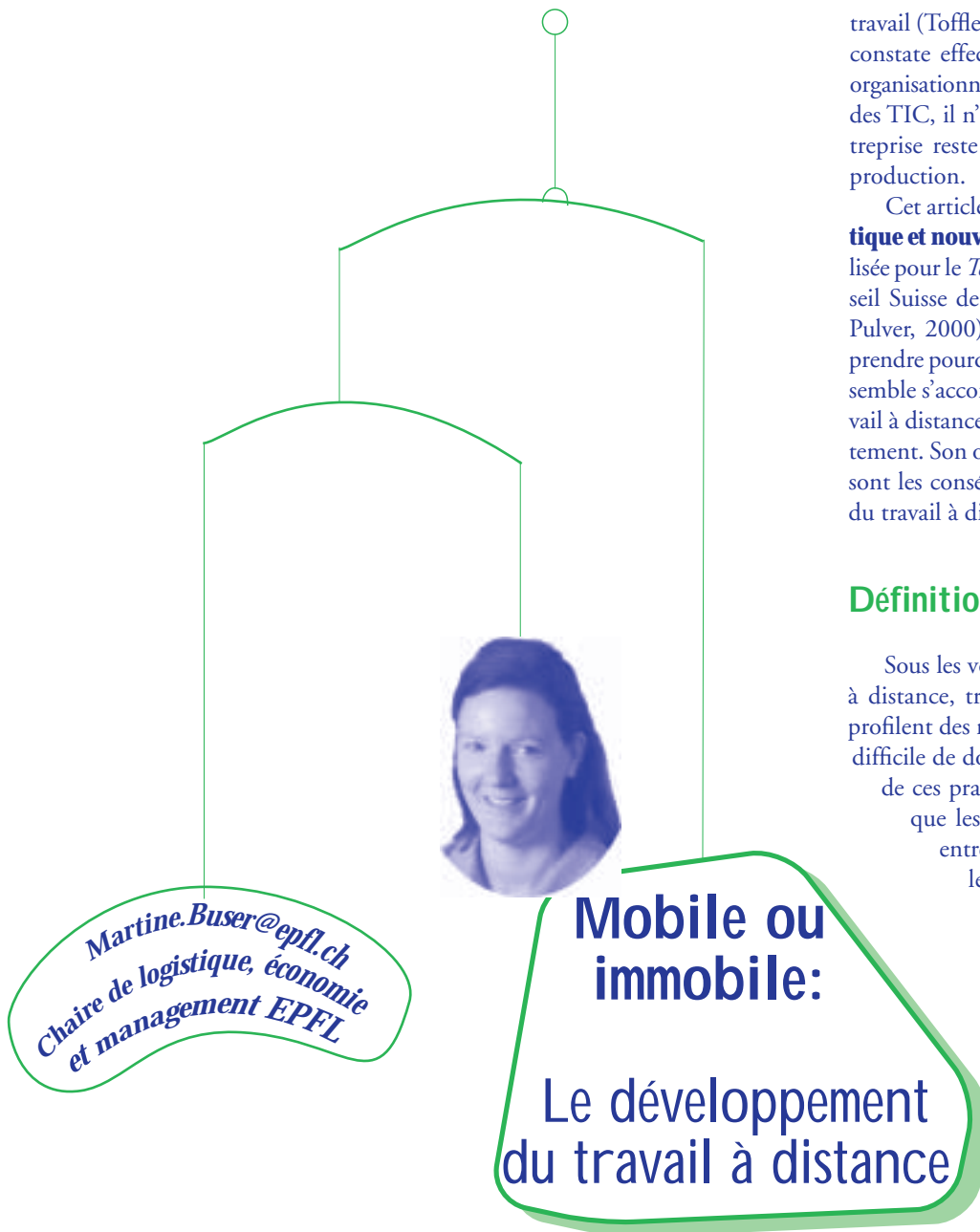
Les objectifs de ce projet sont d'effectuer l'analyse et le développement d'un Système d'Information appliquant le paradigme *client-server* puis *peer-to-peer* dans un contexte d'utilisateurs mobiles au sein d'un environnement sportif professionnel. Des tests d'applicabilité de technologies innovantes seront effectués à deux niveaux: au niveau organisationnel, soit au niveau des activités de partage d'information, de collaboration et de coordination des membres d'une équipe professionnelle (l'athlète et son entourage, soit médecins, entraîneurs, agents, coaches, etc.) et au niveau technique, soit au niveau de l'infrastructure nécessaire (couches

applicatives et communicatives pour les divers appareils d'accès à Internet). La finalité de ce Système d'Information innovant est de fournir une solution conviviale et facile à utiliser pour l'accomplissement du suivi de l'athlète professionnel.

Conclusion

La mobilité toujours croissante nous réserve encore des surprises: le *streaming* vidéo sans fil, la voix sur les réseaux radio, et le téléphone portable qui devient le ticket de cinéma. Le plus dur sera sans doute d'harmoniser toutes ces technologies, pour assurer des services fluides et parfaits. Pour plus d'informations sur les projets ou sur les activités du laboratoire: <http://www.eif.ch/misl>, <http://shilkah.eif.ch>. ■





travail (Toffler 1981) n'a pas eu lieu. Si on constate effectivement des changements organisationnels entraînés par l'intégration des TIC, il n'en reste pas moins que l'entreprise reste toujours le lieu central de production.

Cet article fait suite à l'étude **Télématique et nouvelles formes de travail**¹ réalisée pour le *Technology Assessment* du Conseil Suisse de la Science (Buser, Poschet, Pulver, 2000) dont le but était de comprendre pourquoi, alors que tout le monde semble s'accorder sur les avantages du travail à distance, ce dernier se diffuse si lentement. Son objet est de présenter, quelles sont les conséquences du développement du travail à distance sur la mobilité.

Définition

Sous les vocables de télétravail, travail à distance, travail mobile ou E-work se profilent des réalités très différentes. Il est difficile de donner une définition précise de ces pratiques non seulement parce que les auteurs ne s'accordent pas entre eux² mais aussi parce que les réalités décrites évoluent avec le temps. A ce manque de précision dans les termes s'ajoute le manque d'outils, en particulier statistiques³, pour évaluer les changements organisationnels ainsi que les usages des TIC dans les entreprises. Cependant pour une définition restrictive du télétravail, un travail exclusi-

vement réalisé à domicile et transmis de/à l'employé au moyen des TIC, la proportion de télétravailleurs est évaluée en Europe à environ 2%. Pour un champ plus vaste (incluant les travailleurs alternants et mobiles), elle se monte à 6.1% des forces de travail⁴. Paradoxalement, une partie importante des pratiques de travail à distance échappe au recensement; il s'agit de la partie informelle, c'est-à-dire n'obéissant pas à un accord contractuel avec l'entreprise⁵. De nombreuses professions exercent, de façon irrégulière, une partie de leurs tâches à la maison, sans pour autant revendiquer cette activité comme télétravail.

Introduction

Le lien entre Technologies de l'Information et de la Communication, les TIC, et les pratiques de mobilité retient depuis longtemps l'attention des chercheurs comme celles des médias ou des entreprises de télécommunication. Ne nous promettrait-on pas déjà dans les années 70 la fin des déplacements grâce à l'usage du téléphone? De même, le développement du télétravail a suscité un large battage médiatique. Force est de constater, que cette révolution des modes de

¹ Rapport TA 35a/2000

² Qvortrup, 1998

³ Une étude du *Technology Assessment* pour l'OFS va précisément dans ce sens: «Verbreitung der Teleheimarbeit in der Schweiz: eine Sekundäranalyse der SAKE daten» M. Baeriswyl.

⁴ IST, 2000

⁵ La valeur estimée du nombre de télétravailleurs total en Europe triple si on y ajoute les informels. Source, ETO 1999



Qui sont les télétravailleurs?

Tout travail lié à l'information et à la connaissance (création, production ou gestion) est susceptible d'être produit à distance. La réalité montre cependant que la pratique du travail à domicile, à plein temps ou de façon alternée, reste l'apanage des professions universitaires ou spécialisées avec des salaires plutôt élevés. Managers et spécialistes représentent en effet 49% des travailleurs à distance. Ces emplois à forte valeur ajoutée concernent pour l'essentiel des tâches intellectuelles ou créatives. Ces personnes bénéficient de compétences reconnues et valorisées, d'un bon réseau de relations et de qualifications plutôt rares sur le marché de l'emploi (p. ex. les informaticiens). Leur travail s'effectue de façon autonome et ils sont libres d'en organiser la réalisation. Bien que presque tous les niveaux de qualification soient concernés, il est à noter que les travaux répétitifs et de saisie, qui sont effectués généralement par des femmes employées à temps partiel, tendent à s'automatiser. La lecture optique des codes-barres, la reconnaissance des caractères, la digitalisation des documents ou la saisie par le client lui-même sont autant de tendances qui réduisent l'éventail des tâches de support. Le monde du travail à distance est majoritairement masculin à 70%, ce chiffre respecte la distribution des sexes dans la hiérarchie du travail, en effet seulement 30% des femmes occupent en Suisse des postes à responsabilités. Ce ratio est cependant inversé pour les tâches administratives qui concernent 8% des télétravailleurs. Une des raisons qui explique le décalage entre les pronostics, jusqu'à 30 ou 40% pour Toffler (1981), et les résultats actuels réside dans le sens donné à l'activité professionnelle. Le lieu de travail, plus qu'un simple *locus* physique, est avant tout un lieu d'engagement collectif et d'échange. Le travail ne consiste pas uniquement en ce que l'on produit mais participe de la construction de l'individu. Si les résultats du travail à distance sont souvent encourageants, jusqu'à 30% de production supplémentaire, sa pratique ne compense pas toujours les manques de relations sociales qui y sont liées aussi bien pour l'employé que pour son supérieur.

Travail et mobilité

Norbert Wiener⁷ est le premier à avoir mentionné le potentiel de substitution de déplacements qu'offre l'usage des TIC. Il donne comme exemple celui d'un architecte vivant en Europe qui pourrait superviser la construction d'un immeuble aux Etats-Unis en communiquant par fax. Au début des années 70, le travail à domicile est proposé afin de résoudre les problèmes liés à la consommation d'énergie et à la surcharge du trafic dans les zones urbaines aux Etats-Unis (Nilles et al., 1976). Dans les années 80, le télétravail est présenté comme la solution idéale pour répondre aussi bien

à la demande de flexibilité des entreprises tout en préservant la sphère familiale, qu'au manque de dynamisme des régions périphériques. On déplace alors simplement le bureau de l'entreprise au foyer et le foyer de la ville à la campagne (Toffler, 1981; Huws et al., 1990). Finalement à la fin des années 90 après les nombreux échecs des projets pilotes, il est rebaptisé E-work, c'est à dire la possibilité de travailler en relation avec l'entreprise depuis n'importe où, aidé pour ce faire par le développement de la téléphonie mobile et des réseaux informatiques.

Les avis sur l'effet centralisateur ou décentralisateur de la télématique et des TIC sont controversés et ceci depuis les premières analyses des expériences dans les années 80 (Massot 1995, Moktharian, 1998). Au mythe décentralisateur des TIC s'oppose la réalité des entreprises qui concentrent leurs centres décisionnels dans les grandes agglomérations, accentuant la concentration des emplois, et conduisent à un resserrement de la croissance autour des grandes zones métropolitaines⁸ (Veltz, 1994, Castells 1996). La distribution des entreprises recensées par l'étude du TA correspond à la répartition traditionnelle des entreprises, et se concentre plutôt en Suisse alémanique et près des grands centres. Les régions périphériques malgré l'attractivité économique qu'elles peuvent faire valoir (qualité de vie, loyers, salaires, prix des terrains), restent peu attractives pour les entreprises. Le développement des TIC ne suffit pas à combler le déficit qu'elles présentent face aux espaces urbains et périurbains (bassins d'emplois, accessibilité des transports, proximité des lieux d'échanges et de contacts, maintenance des structures, vie sociale et collective). La création de nouveaux emplois se concentre toujours en priorité dans les couronnes extérieures des grandes agglomérations et sur les corridors routiers. Il en va de même dans les cantons alpins, où les emplois se centralisent de plus en plus dans des villes comme Coire, Sion et Lugano⁹. A ce jour, les TIC n'ont donc pas eu l'effet escompté concernant la décentralisation des emplois.

Travail à distance et déplacements

L'estimation des effets positifs du travail à distance sur les déplacements est difficile à réaliser et souvent sujette à discussion. Vogt (Denzinger et Vogt, 2000) a montré que des télétravailleurs allemands réduisaient leurs besoins en déplacement de 0.5 à 3.5% et les expériences danoises (L. Qvortrup 1997) indiquent une réduction de la distance des déplacements de 0.7 à 1%. L'évaluation par des chercheurs américains des améliorations en termes de réduction du trafic donne également des résultats peu encourageants (Moktharian 1998). Le télétravail est alors présenté comme une part du système global permettant, en combinaison avec d'autres moyens de gestion de la demande de transport, une réduction de la circulation aux heures de pointe. Concer-

⁶ Ces chiffres sont tirés d'une étude anglaise, ils sont corroborés par l'étude menée dans le cadre du TA, bien que moins précise, et celle menée actuellement dans le projet européen **Emergence**.

⁷ N. Wiener «The Human Use of Human Being», 1954.

⁸ Exemple français: de 1982 à 1990, la région parisienne, les villes en Rhône-Alpes et la façade méditerranéenne de Nice à Montpellier concentrent les deux tiers de l'augmentation de la population.

⁹ Schuler, Huissoud et al. 1997.



nant ces trajets, il convient de rappeler que les déplacements pour se rendre au travail ne représentent en Suisse que 22% des distances parcourues. De plus, ils sont souvent conçus afin de répondre à plusieurs fonctions, telles que les achats, les loisirs. En se référant aux travaux de V. Kaufmann¹⁰, on peut alors parler de boucles de mobilité, la personne profitant de son trajet professionnel pour effectuer d'autres tâches. Il ne suffit donc pas de soustraire les déplacements professionnels pour mesurer concrètement la diminution effective liée au télétravail. Par contre, on constate une modification des horaires auxquels ces trajets ont lieu afin d'éviter le trafic des heures de pointe.

Conclusion

Le travail à distance n'a donc pas eu les effets escomptés ni en terme de développement ni en terme d'effets spatiaux. L'hypothèse de substitution des places de travail de l'entreprise au foyer via les TIC ne s'est donc pas réalisée. Par ailleurs, les TIC n'ont pas réduit nos déplacements, au contraire, nous n'avons jamais été aussi mobiles. Mais le relatif échec du développement des pratiques du travail à distance dans sa forme la plus institutionnelle ne devrait pas cacher les changements importants que connaît l'entreprise dans ses rapports au temps et à l'espace. En effet, la mobilité ne se résume pas à l'alternance du bureau et du domicile, elle concerne aussi tous les déplacements physiques comme virtuels dans et entre les entreprises.

Bibliographie

- **Buser M.** (2001), *Travail à distance, travail mobile et leurs impacts territoriaux*, In L. Vodoz (2001), «NTIC et territoires» CEAT, Lausanne, PPUR.
- **Buser M., Poschet L., Pulver B.** (2000), *Télématique et nouvelles formes de travail*, Berne: TA 35 A.
- **Buser M., Poschet L.,** (2002) *Mobile Arbeit in allen Zuständen* in Mobile Arbeit, Herausgeber L. Rey, Verlag der Fachvereine, Zurich.
- **Castells M.** (1996) *La société en réseaux*, Paris: Fayard.
- **Denziger S., Vogt W.** (1999), *Quantifizierung telearbeitsbedingter Verkehrs-substitutionspotentiale*, Strassenverkehrstechnik 5/99.
- **ETO, European Telework Online** (1999), *TELEWORK 99 – Status Report on European Telework*, European comission, <http://www.eto.org.uk/twork/tw99/index.htm>
- **IST, Information Society Technologies** (2000), *E-Work*, European Commission, Directorate C.
- **Huws U. et al.** (1990), *Telework: Towards the Elusive Office*, London:Wiley
- **Jackson P., Van der Wielen J.** (1998), *Teleworking International Perspectives*, London and New York: Routledge.
- **Joye D., Kaufmann V.** (2000), *Combinaison attrayante de moyens de transports*, Berne: PNR 41
- **Massot M-H.** (1995), *Transports et télécommunications*, Paris: INRETS.
- **Moktharian P.** (1998), *A Synthetic Approach to Estimating the Impacts of Telecommuting on Travel*, in Urban Studies, février.
- **Nilles J., Roy Carlson F. & Gray P.** (1976), *The Telecommunications-Transportations Trade Off: Options for Tomorrow*, New York; London, A Wiley-Interscience publication.
- **Qvortrup L.** (1998), *Development of Telework in Denmark- Ideological and organisational Background Determinants*, In WORC, Proceedings of the second International Workshop, Amsterdam.
- **Toffler A.** (1981), *La troisième vague*, Paris: Denoël. ■

¹⁰ Kaufmann, 1998.



Comment concilier la liberté et la mobilité sans pour autant perdre son point d'ancrage pour la communication?

A l'EPFL où professeurs et étudiants doivent se déplacer, il faut leur offrir les moyens de communiquer avec leur port d'attache, que ce soit pour le courrier électronique seulement ou encore pour travailler avec des documents. A chaque situation il existe une solution pour arriver à se connecter à son serveur favori.

En commençant par la description des fonctionnalités désirées, cela permet d'entrevoir ensuite les différentes solutions disponibles selon le lieu et les moyens. La plupart des descriptions techniques ont déjà été publiées dans le cadre de ce journal et sont citées en référence.

Le courrier électronique

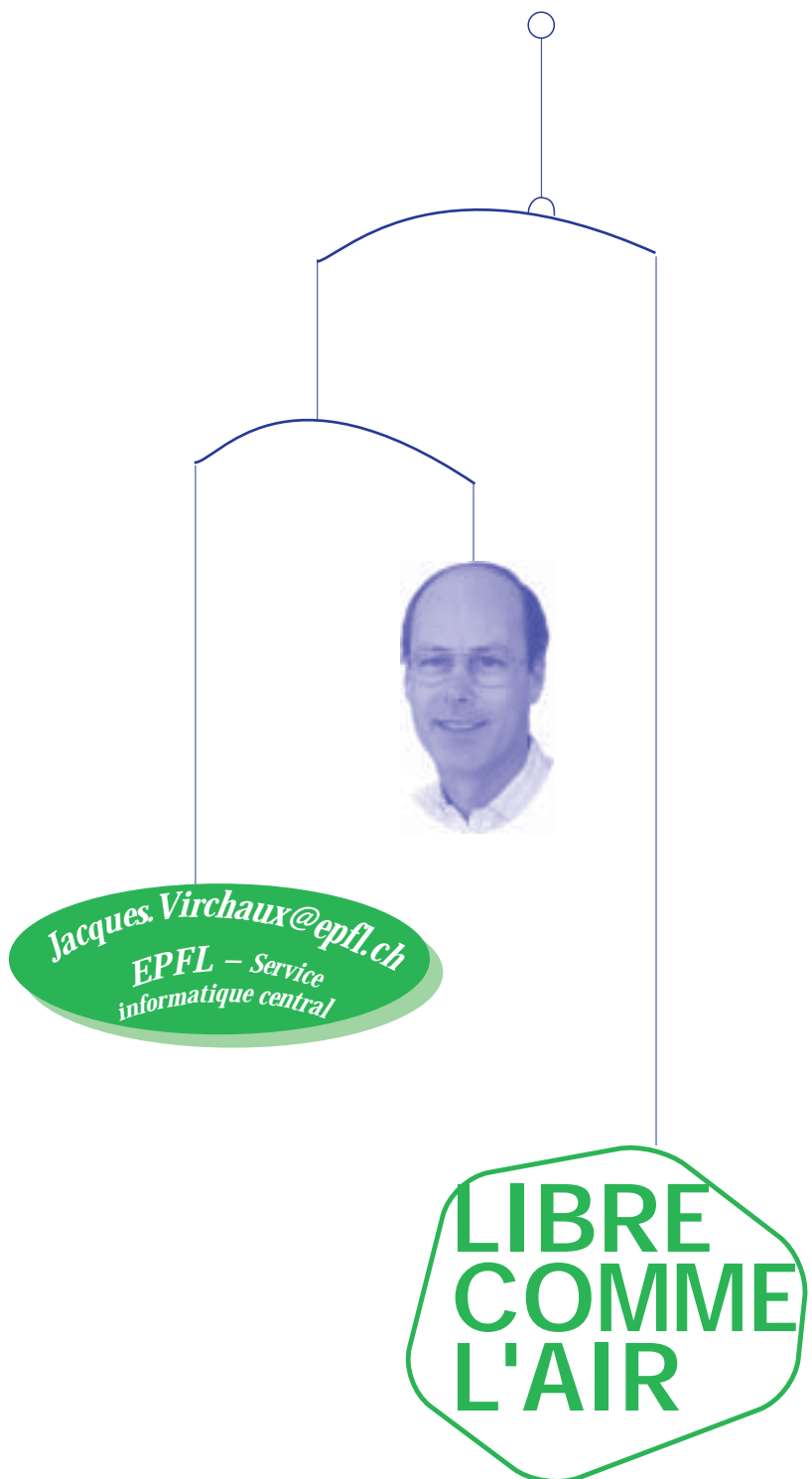
Le cas le plus courant à l'EPFL est d'utiliser un client de messagerie (Outlook Express, Netscape Messenger, Eudora,...) qui généralement charge les messages localement avec le protocole POP. Avec le protocole IMAP, les messages restent sur le serveur et il faut tenir compte des limites accordées pour le stockage.

Il est toujours possible de lire facilement son courrier avec son client de messagerie habituel, sans utiliser de tunnel sécurisé (sauf pour les accès libre-service de l'EPFL). Il faut cependant savoir que les *username* et *password* permettant de lire sa boîte-aux-lettres sont transmis **en clair sur le réseau** ! Seul l'accès par CARPE (accès téléphonique uniquement) reste relativement confidentiel. En utilisant un fournisseur d'accès public (ISP), il faut obligatoirement changer la configuration de son client de messagerie pour pouvoir envoyer des messages via le serveur SMTP de ce fournisseur, exclusivement. Le tableau 1 résume les différentes possibilités avec un client.

Pour les personnes qui voyagent beaucoup, il faut choisir une autre solution. Etant donné qu'une grande majorité d'entre elles possède une boîte-aux-lettres sur le serveur central de messagerie de l'EPFL, ce dernier offre une interface via son navigateur Web préféré pour lire ses mails et en envoyer (<http://mailbox.epfl.ch>). L'accès est sécurisé (le username et le password ne sont pas transmis en clair) avec le protocole

Accès		lecture (POP)	envoi (SMTP)
ISP public		pas confidentiel	serveur de l'ISP
ISP public	tunnel VPN	confidentiel	serveur mail.epfl.ch
CARPE		assez confidentiel	serveur mail.epfl.ch

Tableau 1



HTTPS. L'utilisation est très simple et peut se faire à partir de n'importe quel poste de travail connecté à Internet (par exemple depuis un poste dans un Cybercafé ou depuis le domicile via son fournisseur d'accès).

En travaillant avec le même portable au bureau qu'en déplacement, ce type d'accès a un petit inconvénient: les messages restent toujours sur le serveur et ne sont pas transférés sur l'ordinateur dans le cadre de son client de messagerie habituel pour les archiver localement. Un autre problème existe: en étant connecté via un accès libre-service de l'EPFL, il n'est pas possible d'atteindre le serveur de messagerie central directement. Dans ce cas, il est obligatoire d'utiliser un tunnel VPN.





Fig. 1 – la fenêtre de login IMP

Accès à un serveur (documents de travail)

Quel que soit le serveur où se trouvent les documents auxquels on désire accéder, celui-ci doit être en fonctionnement, branché sur le réseau de l'EPFL et autoriser des accès par un système d'authentification (username/password ou login dans un domaine Windows). Le tunnel VPN reste le moyen le plus simple à mettre en œuvre pour des transactions confidentielles. S'il s'agit de petits documents à corriger, l'envoi par courrier électronique reste une solution très simple.

Dans le monde des nombreux utilisateurs de Windows, il faut savoir que le domaine (ou workgroup) de l'ordinateur distant est déjà significatif si l'on désire voir les ordinateurs de son domaine. De plus, comme le bout du tunnel VPN se trouve dans un sous-réseau (subnet) où il n'y a aucun serveur Windows, les «automatismes» auxquels certains sont habitués ne sont pas disponibles et il faut rechercher le serveur manuellement. Ensuite, tout dépend de la politique d'accès aux documents que le responsable du serveur local a définie. Une solution consiste à s'authentifier dans le domaine Windows pour être reconnu comme à l'EPFL.

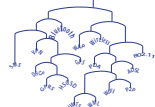
Pour le cas d'ordinateurs sans Windows, le transfert de documents peut être effectué avec FTP une fois le client VPN établi. Il faut bien sûr qu'un serveur avec ce service soit disponible. L'accès étant fait avec une validation username/password, il est possible de prendre un document et d'en déposer dans son environnement.

Une dernière possibilité est d'utiliser le proxy FTP tremplin comme cela a déjà été décrit dans un article précédent (c.f. <http://tremplin.epfl.ch/proxyftp>)

Le tunnel VPN

Pour établir un tunnel VPN sécurisé, il faut installer un client sur son ordinateur. Il travaille en relation avec un concentrateur situé sur le réseau de l'EPFL. Toutes les connexions établies ont une adresse IP de l'EPFL *anonyme*, attribuée de manière dynamique. Le protocole utilisé est IPSec qui permet des transactions cryptées en toute sécurité et confidentialité. On peut alors pratiquement tout faire ce que l'on fait habituellement sur le réseau de l'école.

En plus d'une appartenance à un groupe, l'authentification est faite par un serveur RADIUS par son numéro SCIPER (numéro d'identification unique sur la carte CAMIPRO) et un mot de passe défini pour GASPAS (sur



une borne OSCAR avec sa carte CAMIPRO et le NIP associé). Ce mode d'accès représente une administration quasi nulle, l'utilisateur doit seulement se définir un mot de passe qui sera utilisé à bien d'autres occasions aussi. Les quelques hôtes, invités externes et temporaires à l'EPFL, se voient attribuer un nom et un mot de passe qui sont enregistrés de manière temporaire sur le serveur d'authentification et qui accèdent par un autre concentrateur.

Le client VPN de Cisco est disponible gratuitement pour les plates-formes Windows, Linux, MacOSX et Solaris. Un client payant est disponible pour MacOS et des PDA (Windows CE et Palm OS). Il n'est malheureusement pas compatible avec le client Windows livré par défaut sur ce système d'exploitation, un seul client VPN pouvant résider à la fois.

Ce qui importe pour l'utilisateur, c'est que la configuration des logiciels habituels (surtout pour la messagerie) reste identique à ce qu'il a à l'EPFL. La manière de s'authentifier est similaire à d'autres applications et évite la multiplicité des username/password dont il faut se souvenir.

Les accès libre-service

Depuis un accès libre-service (prise ou câble jaune) ou par TSF (wireless), le choix ne cesse de s'accroître sur le site d'Ecublens, il n'est plus nécessaire de définir une adresse IP fixe correspondant au sous-réseau d'une prise située dans un local. L'adresse est attribuée de manière dynamique et temporaire par un serveur DHCP. L'identification se fait avec un serveur RADIUS par le couple *numéro SCIPER* et *mot de passe GASPAS*. L'utilisateur est désormais identifié en tant que personne plutôt qu'ordinateur avec l'établissement du tunnel VPN. Le sous-réseau sur lequel ces prises sont reliées ne permet l'accès qu'au site Web pour le téléchargement du client VPN ou au concentrateur d'accès sécurisé.

TSF (Téléinformatique sans fil)

L'accès TSF avec une carte Wi-Fi (norme 802.11b) permet de se libérer totalement de la contrainte du fil à la patte... excepté parfois pour l'alimentation secteur qui reste souvent nécessaire pour avoir une certaine autonomie de travail. Il s'agit également d'un accès en libre-service, le sous-réseau sur lequel les points d'accès sont reliés est le même que pour les prises. La connexion sans fil proprement dite n'est pas sécurisée et c'est avec le tunnel VPN que la liaison reste confidentielle.

Les points d'accès à l'EPFL couvrent par étapes les endroits susceptibles d'accueillir les nomades (salles de conférence, halls publics, ...). Le coût étant plus élevé, pour des performances moindres, que le réseau câblé actuel, le déploiement est moins rapide.

Accès Internet dans le monde entier

Pour les voyageurs réguliers sur la planète, il existe la possibilité de souscrire un abonnement pour se connecter *localement* à un fournisseur d'accès du pays avec authentifi-

cation et tunnel sécurisé chez le fournisseur en Suisse. Cette solution peut se révéler moins onéreuse que la connexion sur le serveur d'accès CARPE... avec un téléphone portable de surcroît.

Il faut parfois aussi s'équiper de matériel permettant l'accès au réseau téléphonique de l'hôtel. S'il existe des sets de prises diverses, le central téléphonique n'est parfois pas compatible et peut endommager gravement l'équipement de communication. Un élément s'interposant entre le microtel et le support de téléphone (pour autant que cela soit physiquement possible) reste une alternative plus chère mais quasiment universelle.

Accès entre sites universitaires

Si l'accès au concentrateur VPN est facile depuis l'extérieur, l'EPFL n'autorise pas l'établissement d'un tunnel sécurisé depuis le réseau local avec un réseau externe. Il faut cependant pouvoir offrir aux collaborateurs ou étudiants de l'ETHZ qui séjournent chez nous une possibilité d'atteindre de manière sécurisée leurs serveurs à Zurich, tout comme la réciproque nécessaire concernant les personnes de l'EPFL.

La plupart des sites ont leur propre sous-réseau pour des accès libres, il faut établir des tunnels permanents pour permettre l'utilisation des concentrateurs de part et d'autre. On se rend vite compte qu'il faudrait presque une sorte de réseau supplémentaire en Suisse uniquement pour ces accès entre sites universitaires. Seul un système d'authentification avec une validation transmise d'un site à l'autre sera la solution du futur. Le projet SWITCHmobile évalue les besoins pour trouver cette solution globale, capable de satisfaire les accès mobiles du monde académique suisse.

Glossaire

CAMIPRO

Carte à microprocesseur pour le contrôle d'accès à l'EPFL, <http://expwww.epfl.ch/se/camipro/>

CARPE

Centrale d'accès *remote* pour EPNET, <http://stivwww.epfl.ch/externe/carpe.html>

DHCP

Protocole pour la distribution d'adresses IP dynamiques

DIODE

Système de protection du réseau de l'EPFL (firewall simplifié), <http://sicwww.epfl.ch/SIC/diode/>

EPNET

Réseau informatique de l'EPFL (EPFL Network)

FTP

Protocole de transfert de fichier (File Transfer Protocol)

GASPAR

Système d'identification et d'authentification pour présentations sécurisées à l'EPFL, <http://gaspar.epfl.ch>

HTTPS

Protocole Web (HTTP) sécurisé

IMAP

Protocole de lecture de mail (Internet Mail Access Protocol)

ISP

Fournisseur d'accès Internet (Internet Service Provider)

NIP

Numéro d'identification personnel (pour carte CAMIPRO)

OSCAR

Borne interactive d'information avec lecteur CAMIPRO, <http://sic.epfl.ch/publications/FI99/fi-2-99/2-99-page18b.html>

PDA

Agenda électronique (Personal Digital Assistant)

POP

Protocole de lecture de mail (Post Office Protocol)

RADIUS

Système d'authentification et d'autorisation, <http://gnuwww.epfl.ch/software/radius/radius.html>

SCIPER

Numéro d'identification unique des personnes à l'EPFL

TSF

Téléinformatique sans fil (wireless)

VPN

Réseau privé virtuel (Virtual Private Network)

Wi-Fi

Acronyme pour le sans-fil (Wireless-Fidelity)

802.11b

Norme de transmission sans-fil pour une vitesse de 5Mbps

Références

- ALISE-E: un vent nouveau (<http://sic.epfl.ch/publications/FI02/fi-2-2/2-2-page5.html>)
- TSF (<http://sawwww.epfl.ch/SIC/SA/publications/FI99/fi-5-99/5-99-page2.html>)
- Wireless, du rêve à la réalité (<http://sic.epfl.ch/publications/FI01/fi-4-1/4-1-page1.html>)
- VPN (Virtual Private Network): un accès sécurisé à EPNET (<http://sic.epfl.ch/publications/FI01/fi-6-1/6-1-page13.html>)
- VPN à l'EPFL (<http://sic.epfl.ch/publications/FI01/fi-8-1/8-1-page15.html>)
- DHCP: la location d'adresses IP (<http://sic.epfl.ch/publications/FI01/fi-7-1/7-1-page27.html>)
- DIODE et le proxy FTP (<http://sic.epfl.ch/publications/FI00/fi-9-00/9-00-page8.html>) ■



Sommaire

- 2 Editorial
- 3 De l'évolution du GPS à la navigation pédestre
Pierre-Yves Gillieron & Quentin Ladetto
- 12 Galileo, l'indépendance européenne pour le positionnement par satellite
Jacqueline Dousson
- 14 Utilisation des périphériques mobiles dans les solutions eLearning: de purs gadgets? ... pas si sûr!
Yassine Rekik, Frédéric Geoffroy & Christine Vanoirbeek
- 16 *Nouvelle lauréate du concours:*
Thérèse et Dame Thyre
Eric Ecoffey
- 19 Ordinateurs à roulettes, ou l'état de l'art de la robotique mobile
Nicola Tomatis & Ralph Piguet
- 23 L'EIA-FR joue le mobile
Abou Klaed Omar, Chabbi Houda, Pierre Kuonen & Jean-Frédéric Wagen
- 26 Mobile ou immobile: le développement du travail à distance
Martine Buser
- 29 Libre comme l'air
Jacques Virchaux

INFORMATIQUE MOBILE
SPÉCIAL ÉTÉ 2002



Flash informatique

Les articles ne reflètent que l'opinion de leurs auteurs. Toute reproduction, même partielle, n'est autorisée qu'avec l'accord de la rédaction et des auteurs.

Rédacteur en chef: Jacqueline Dousson, fi@epfl.ch

Mise en page & graphisme: Appoline Raposo de Barbosa

Comité de rédaction: Jean-Daniel Bonjour, Nicolas Bouche,

Jacques Menu, Milan Crvcenin, Elaine Mc Murray,

Philippe Pichon, François Roulet, Christophe Salzmann

& Jacques Virchaux

Impression: Atelier de Reprographie EPFL

Tirage: 4000 exemplaires

Adresse Web: <http://sic.epfl.ch/publications/>

Adresse: SIC-SA EPFL, CP 121, CH-1015 - Lausanne

Téléphone: +41 (21) 69 322 46 & 322 47



771420719001