

# L'informatique pervasive

par Ziad NEHME

*L'informatique pervasive fait référence à la tendance à l'informatisation, la connexion en réseau, la miniaturisation des dispositifs électroniques et leur intégration dans tout objet du quotidien, favorisant ainsi l'accès aux informations partout et à tout moment.*

**Ziad NEHME** est ingénieur de l'École polytechnique. Il est consultant et fondateur de Pervaya.

## 1. Définition

L'informatique pervasive, ou ubiquiste, est le terme décrivant le concept d'ajout de capacité de traitement de l'information aux différents objets manufacturés (bâtiment, véhicule, appareil ménager, vêtement...) et leur connexion à un réseau qui permet la communication entre ces différents éléments (figure 1).

Aujourd'hui, l'ordinateur est isolé de l'environnement physique qui l'entoure et sert majoritairement à des tâches de travail. L'informatique pervasive rend l'ordinateur invisible et contextuel en l'intégrant dans notre environnement afin d'aider les utilisateurs au quotidien.

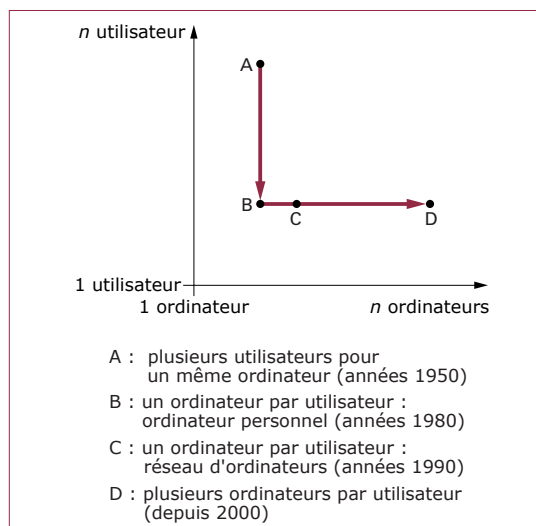
Le concept d'informatique pervasive (*ubiquitous computing*) a été introduit par Mark Weiser du centre de recherche de Xerox en 1998 alors que son équipe cherchait une solution pour le développement d'un ordinateur avec un écran de visualisation dont la surface serait de quelques mètres carrés, utilisable comme interface de collecte et de restitution d'information. Ainsi, au lieu de développer une nouvelle interface, ils envisagèrent d'étendre les fonctionnalités des traditionnels tableaux en leur intégrant des capacités de traitement de l'information et de communication.

### 1.1 Concept de l'informatique pervasive

La figure 2 présente un modèle de l'environnement intelligent, avec comme objet central un utilisateur, un appareil, un service ou la combinaison de ces trois entités.

Les différents composants de ce modèle sont :

- les interfaces d'interaction homme-machine basées sur des technologies comme la reconnaissance vocale et gestuelle ;
- les capteurs : le contexte concernant l'environnement, les appareils et les utilisateurs est perçu par des capteurs ;



**Figure 1 – Évolution de l'informatique depuis les années 1950**

– les technologies de communication pour transférer les données des capteurs et les informations communiquées par les utilisateurs du système, et vice versa, les données du système vers les utilisateurs et l'environnement ;

– l'intelligence de traitement d'information : afin de traiter les signaux (reçus des capteurs, de l'interaction avec l'utilisateur et des informations contextuelles) et fournir un retour intelligent pour l'utilisateur, l'appareil ou le service, des mécanismes d'inférence et de raisonnement (réseaux de neurones, logique floue et intelligence artificielle...) sont nécessaires.

En utilisant de petits capteurs, des processeurs embarqués peuvent détecter leur entourage et fournir à leurs objets des capacités de communication et de traitement d'information. Cela ajoute une toute nouvelle dimension aux objets permettant, par exemple, d'interagir avec d'autres objets voisins ou lointains et de garder un historique de leur vie. Ces objets pourront opérer de manière contextuelle et apparaître comme étant « futés » sans être nécessairement intelligents.

**Sur les interfaces homme-machine :**  
*Interfaces graphiques. Fondements cognitifs* [H 7 215] de M. Nanard et J. Nanard  
*Système homme-machine* [S 7 610] de A. Aw et J.-C. Rouhet

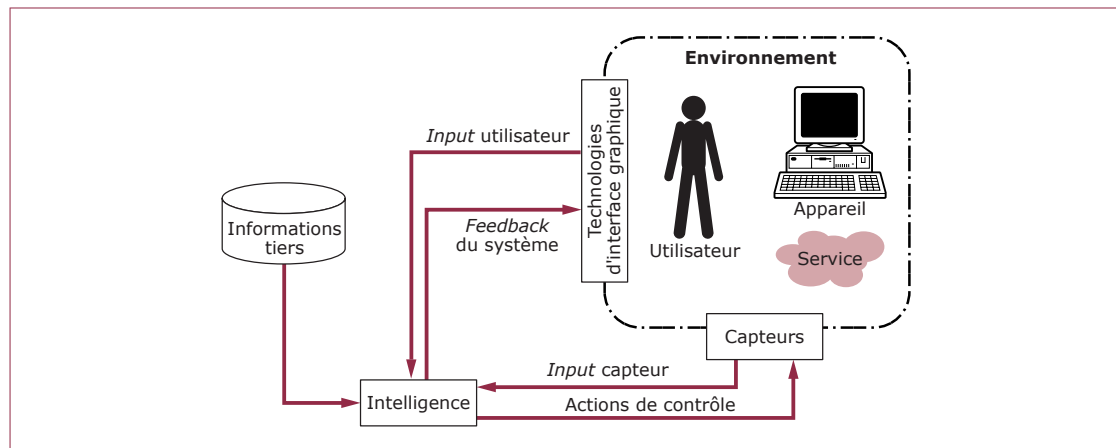


Figure 2 – Modèle de l'environnement intelligent

## 2. Analyse du marché

### 2.1 Marché

Aujourd'hui, un ménage de la classe moyenne qui n'a pas de PC possède 40 microcontrôleurs dans sa maison, et une voiture a une vingtaine de microcontrôleurs. Le nombre de microprocesseurs dans un foyer moyen sera de 280 en 2007. Chaque jour, une personne aux États-Unis interagit délibérément ou sans le savoir avec 150 systèmes embarqués. Le marché des appareils connectés à Internet est estimé, par le cabinet IDC, à environ 40 milliards d'euros en 2005.

### 2.2 Applications générales

Les principales fonctionnalités basées sur l'informatique pervasive sont :

- l'accès à des informations sur le statut des applications en fournissant des données sur l'opération, la performance et l'utilisation des objets ;
- le suivi et le diagnostic à distance ;
- la mise à jour à distance pour améliorer la performance et les fonctionnalités d'un appareil ;
- le contrôle et l'automatisation pour coordonner les appareils hétérogènes ;
- le réapprovisionnement automatique en fonction de la consommation d'un appareil ou d'un utilisateur ;
- l'optimisation du support du service au client et la réduction des inventaires et des erreurs.

Historiquement, la valeur d'un produit manufacturé a été confinée au produit lui-même. Le client achète un appareil à un certain endroit et l'utilise jusqu'à ce qu'il tombe en panne ou devienne obsolète. En général, ces transactions génèrent très peu d'information pour les fabricants (date et lieu de l'achat). Après que le produit quitte le magasin de vente, le fabricant en perd le contact, sauf si le client décide de l'assurer. Un produit intelligent et communicant continue à générer des informations tout au long de son cycle de vie. Le fabricant peut savoir où

il se trouve, quand il a été installé et accéder à diverses informations concernant son utilisation : fréquence et durée d'utilisation, mode d'utilisation, etc.

Ces différentes données nouvelles permettront au fabricant de comprendre les besoins individuels des clients et il aura accès à un canal de marketing direct afin d'offrir des services personnalisés.

## 3. Technologies

Plusieurs innovations technologiques sont à la base de l'émergence et du développement de l'informatique pervasive.

### 3.1 Capteurs

Plusieurs types de capteurs existent selon les conditions physiques à mesurer : la température, le champ électromagnétique, l'humidité, la lumière, la pression, etc. Suite aux avancées technologiques, ces capteurs deviennent plus petits, moins chers et consomment moins d'énergie.

Les systèmes de capteurs intègrent des « propriocepteurs » (capteurs qui suivent les conditions internes de l'objet) et des « exterocepteurs » (capteurs qui suivent les conditions de l'environnement de l'objet). Les capteurs doivent avoir une perception sélective de l'environnement afin de se focaliser sur les paramètres importants pour la tâche spécifique à exécuter.

### 3.2 Biométrie

La biométrie est un ensemble de techniques dont le but est d'authentifier l'identité d'une personne. Quel que soit le moyen retenu, les empreintes digitales, la voix, la forme de la main, du visage, de l'iris ou de la rétine, la procédure est toujours la même. On capture une image de l'élément à analyser, on la traite à l'aide d'un logiciel pour n'en retenir que les points les plus caractéristiques sous la forme d'une « signature ». Puis on stocke cette signature de manière à pouvoir la comparer à d'autres.

#### Sur les capteurs :

*Capteurs chimiques et biochimiques* [R 420] de N. Jaffrezic-Renault, C. Martelet et P. Clechet

*Capteurs à fibres optiques* [R 415] de M. Ferretti

*Capteurs magnétorésistifs* [R 416] de B. Dieny et J.-M. Fedeli

*Réseaux de capteurs à fibres optiques* [R 460] de M. Lequime

*Instrumentation personnalisée. Capteurs associés aux PC* [R 528] de L. Tran-Tien

*Capteurs de déplacement* [R 1 800] de S. Durand

*Capteurs à fibres optiques à réseaux de Bragg* [R 6 735] de P. Ferdinand

*Capteurs d'environnement en robotique : introduction* [R 7 748], *La perception des efforts* [R 7 753] et *La perception tactile* [R 7 754] de G. André

*Capteurs et méthodes pour la localisation des robots mobiles* [S 7 852] de M.-J. Aldon

*Capteurs microélectroniques* [E 2 315] de A. Permy

*Systèmes multiagents* [S 7 216] de R. Mandiau et E. Grislin-Le Strugeon

### 3.3 Réseaux de télécommunication

Les réseaux mobiles actuels (GSM et GPRS) et futur (UMTS) permettent aux machines et objets communicants de s'interconnecter et d'échanger des données. D'autres standards comme Bluetooth et WiFi permettent la transmission de données à faible distance, en général inférieure à 10 m.

Des standards de communication (X-10, CEBus et LONWorks), avec une capacité de transmission de données supérieure à 10 Mbits/s, utilisent le réseau de distribution d'électricité déjà existant dans n'importe quelle pièce à travers une multitude de prises de courant.

La technologie du positionnement par satellites (GPS) fournit des informations de position pouvant atteindre quelques centimètres, basées sur des signaux émis par une constellation de satellites.

### 3.4 Électronique embarquée

Du tout analogique, l'électronique embarquée est entrée progressivement dans l'ère du numérique. La microélectronique est caractérisée par une miniaturisation de plus en plus poussée avec l'intégration de plus en plus élevée de circuits « actifs » sur une même puce de silicium, une réduction du coût d'une fonction élémentaire et du transistor, une augmentation du rendement de fabrication et une amélioration de la fiabilité, par conséquent la diminution du nombre de pannes.

L'utilisation de nouveaux substrats pour les puces (arséniure de gallium), le développement de l'électronique moléculaire et la nanotechnologie bouleverseront la microélectronique dans les années à venir.

Le DRM (Device Relationship Management) permet de surveiller, maintenir et diriger en temps réel via Internet des appareils intelligents ayant des capacités de traitement de l'information déployés à distance.

### 3.5 Identification par radiofréquence

Technologie d'identification utilisant la communication par fréquence radio, les marqueurs RFID correspondent à un couple puce/antenne presque indécétable à l'œil nu, apposé sur un produit – ou un ensemble de produits – permettant l'identification à distance, grâce à un lecteur qui capte les informations contenues dans la puce – un numéro de série, une description sommaire ou un numéro de lot par exemple.

Les marqueurs peuvent être de deux types : actif ou passif. Les **marqueurs actifs** contiennent une batterie interne qui permet à la puce d'être alimentée et de diffuser un signal à destination du lecteur. À l'inverse, les **marqueurs passifs** n'ont pas de batterie, c'est le signal électromagnétique du lecteur qui active le *tag* et lui permet de fonctionner – en y induisant un courant.



Figure 3 – Marqueurs RFID

Les marqueurs inscriptibles peuvent recevoir de nouvelles informations mises à jour en cours de vie alors que les marqueurs uniquement lisibles ne peuvent que délivrer celles qu'ils renferment. Pour communiquer, marqueur et lecteur doivent être sur la même fréquence : 125 kHz (basse), 13,56 MHz (haute) ou 850 MHz (ultra-haute, dite UHF).

Les marqueurs RFID (figure 3) ne nécessitent pas que le lecteur soit approché du produit pour l'identifier et on peut opérer dans des environnements hostiles (poussière, saleté excessive, faible visibilité).

**Exemple :** les codes-barres permettent d'identifier une catégorie de produits, par exemple toutes les canettes d'une même boisson possèdent le même code-barres. Avec un marqueur RFID, on peut identifier de façon unique chaque canette de boisson.

### 3.6 Interface homme-machine

Les interfaces intelligences d'interaction homme-machine sont basées sur plusieurs types d'interactions :

- **sensorielle** : basée sur des technologies de capture et de restitution du mouvement et des interfaces haptiques, ainsi que des systèmes d'analyse et de synthèse sonore et olfactive ;
- **linguistique** (parole, texte, écriture) : basée sur des technologies de reconnaissance et de synthèse de la parole et de l'écriture entre autres ;
- **émotionnelle** (*affective computing*) ;
- **cognitive** (agents, avatars).

Les nouvelles interfaces utilisateurs sont multimodales (utilisation de plusieurs types d'interfaces) et adaptées aux **contextes des utilisateurs**.

### 3.7 Logiciel distribué

Un système informatique distribué est composé de plusieurs ordinateurs qui communiquent à travers un réseau pour coordonner les actions et les processus d'une même application. Les modèles prédominants sont l'architecture client-serveur et le principe de *middleware* qui fournit une abstraction de haut niveau pour les objets et les services distribués : communication sécurisée avec authentification, annuaire des objets et des mécanismes d'invocation à distance, de transaction distribuée et de réplique de données.

#### Sur les réseaux de télécommunication :

*Réseaux cellulaires. Système GSM [E 7 364] et Système UMTS [TE 7 368]* de J. Cellmer

*Systèmes numériques à haut débit du réseau d'accès [TE 7 105]* de D. Battu

*Technologie HomePNA [IP 1 600]* de F. Duthilleul et T.-A. Nguyen

*Standard pour réseaux sans fil : IEEE 802.11 [TE 7 375]* de D. Trezentos

*Système GPS de positionnement par satellite [TE 3 715] et Applications multiples du système GPS [TE 3 720]* de G. Bonin

**GSM** : Global System for Mobile Communications

**GPRS** : General Packet Radio Service

**UMTS** : Universal Mobile Telecommunication System

**WiFi** : Wireless Fidelity

**GPS** : Global Positioning Services

**RFID** : Radio Frequency Identification

**Le contexte des utilisateurs** comprend l'identification unique d'objets et d'utilisateurs multiples, la détection de la localisation physique et l'analyse des caractéristiques de l'environnement physique, la prise en compte d'un historique d'interaction, des préférences et des données personnelles de chaque utilisateur.

**OSGi** : Open Services Gateway Initiative  
**API** : Application Programming Interface  
**UPnP** : Universal Plug and Play

Plusieurs standards (OSGi, UPnP) ont été définis afin de normaliser le développement d'applications logicielles. OSGi définit les API de serveurs embarqués destinés à héberger des services qui peuvent être installés, activés, mis à jour, désactivés et désinstallés sans interruption de service du serveur embarqué. UPnP définit un standard d'installation, de configuration et d'opération qui permet de connecter des périphériques à un ordinateur en définissant un standard d'installation, de configuration et d'opération.

### 3.8 Matériaux nouveaux

Plusieurs nouveaux matériaux sont utilisés par l'informatique pervasive. Citons quelques mises en œuvre :

- les **écrans plastiques** de quelques millimètres d'épaisseur à base de polymères qui émettent de la lumière. Ils sont utilisés pour une visualisation flexible et déformable ;
- le **papier intelligent** grâce à l'utilisation d'« encre » électronique et d'un stylo magnétique : des microcapsules, blanches d'un côté et noir de l'autre, s'orientent selon un champ électrique ;
- les **textiles intelligents** avec l'insertion de circuits électroniques et de microprocesseurs directement dans la trame du textile. La source d'énergie peut être une batterie photovoltaïque ou une microbatterie. Et on peut interagir avec ce textile intelligent à travers des capteurs, des écrans tactiles, des systèmes de reconnaissance de la voix et de l'écriture.

#### Sur de nouveaux matériaux :

*Nanomatériaux. Propriétés et applications* [M 4 027] de P. Costa

## 4. Applications

L'informatique pervasive peut être utilisée dans plusieurs secteurs économiques (bâtiment, domotique, médical, automobile, industriel et commercial). Nous citons ici des applications concernant les appareils électrodomestiques et la grande distribution.

### 4.1 Appareils électrodomestiques

Les appareils électrodomestiques intelligents (réfrigérateur, four à micro-ondes, aspirateur, lave-vaisselle, lave-linge, télévision, console de jeux, etc.) sont capables de générer et de mémoriser des données historiques et statistiques de consommation, d'interagir entre eux et avec l'intranet domestique et les réseaux externes pour partager et coordonner leurs fonctionnalités (figure 4).

Une multitude de capteurs intégrés aux appareils ménagers capture les informations nécessaires à leur contrôle. Les appareils sont capables de détecter et de communiquer toute panne potentielle du système à un centre de service distant.

**Exemple** : la **machine à laver** lit les étiquettes intelligentes des vêtements et récupère des informations sur la taille, la couleur et le type de matière ainsi que les instructions de lavage. Elle alerte l'utilisateur s'il y a des vêtements à ne pas laver ensemble. Des antennes transmettent des signaux aux produits ayant des RFID transpondeurs embarqués et récupèrent des informations importantes sur les produits à laver.

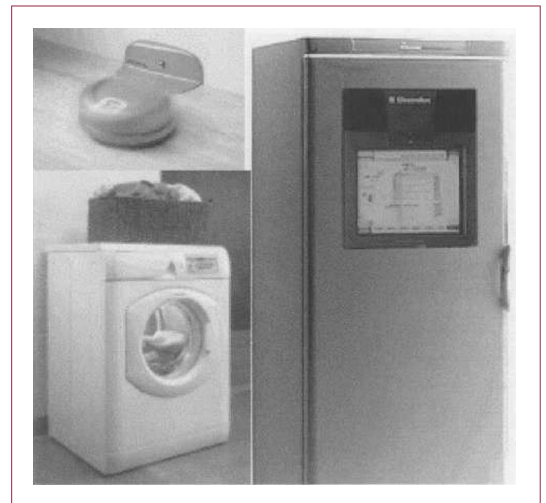


Figure 4 - Appareils ménagers intelligents

**Exemple** : En utilisant un système de sonar pour naviguer, quatre moteurs et une électronique embarquée sophistiquée, Trilobite est un **aspirateur** d'Electrolux. Le sonar acoustique a une fréquence de 60 kHz et est enduit d'une fine couche d'or pour améliorer la performance. Il a une hauteur de 13 cm et un diamètre de 35 cm. Lors du démarrage, il se dirige vers le mur le plus proche pour longer les murs de la pièce, créer une cartographie et calculer le temps requis pour la nettoyer. Le sonar détecte les obstacles sur la surface et modifie en conséquence son parcours. Quand les batteries sont vides, il retourne automatiquement à sa base pour se recharger.

Le WRAP est un standard développé pour les appareils ménagers leur permettant de communiquer entre eux de manière décentralisée à travers des réseaux de télécommunication (ligne téléphonique ou réseaux mobiles) ou en utilisant le réseau électrique. Les appareils ménagers sont équipés d'un système de contrôle, soutenus par des microcontrôleurs, des logiciels embarqués basés sur une intelligence artificielle et une multitude de capteurs. Cela permet à l'appareil de connaître et de réguler à tout instant le niveau d'énergie consommée. Ces fonctionnalités permettent de fournir des services de téléassistance à travers Internet afin de signaler tout problème ou d'intervenir pour prévenir une panne. L'appareil ménager peut aussi mémoriser des données importantes concernant son utilisation tout au long de son cycle de vie : cycles de lavage ou de cuisson, consommation, réparation, afin d'améliorer son utilisation. L'appareil peut être contrôlé au moyen d'un téléphone mobile ou d'un site Internet.

### 4.2 Secteur de la grande distribution

L'informatique pervasive peut être utilisée dans l'espace de vente pour améliorer l'interaction avec les clients et les entrepôts de stockage afin de contrôler la chaîne d'approvisionnement.

#### 4.2.1 Espace de vente

L'identification du consommateur, du contenu de son caddie et la connaissance de la dimension temporelle permettent de communiquer plus fréquemment avec le client et de fournir des services personnalisés, par exemple :

- identification de la position du client afin de proposer des produits alternatifs ou promotionnels qui se trouvent près de lui ;

- identification du contenu du caddie pour proposer des idées de recettes et de menus.

Pour la gestion des retours et des garanties, l'historique du produit permet au personnel de savoir quand et où il a été vendu, le prix de vente exact, afin de réduire le nombre de retours invalides et permettre un service au client plus rapide, moins frustrant pour le client et plus efficace.

En ajoutant des produits, identifiés de façon unique par des marqueurs RFID, dans un chariot équipé de lecteurs RFID, le consommateur a accès, par un écran de visualisation associé au chariot, au détail du contenu de son chariot et au montant des achats ainsi qu'à d'autres informations. Lorsque le consommateur a terminé ses courses, le chariot informe directement le caissier de son contenu, un ticket de paiement est émis et le niveau d'inventaire est mis à jour automatiquement.

Aujourd'hui, lors d'un vol, le personnel du magasin est alerté lorsque le produit quitte le magasin. La nouvelle solution identifie les comportements suspects au niveau des étagères : enlever simultanément cinq CD identiques par exemple. Les produits à haute valeur peuvent déclencher une alerte de sécurité avec l'ajustement des caméras de surveillance vers l'endroit où l'action a lieu.

#### 4.2.2 Entrepôt de stockage

Lorsque les palettes sont déchargées d'un camion dans l'entrepôt, des lecteurs RFID lisent les informations des marqueurs RFID des produits qu'elles contiennent. Cela permet de vérifier rapidement que tous les produits sont présents et de mettre à jour automatiquement le niveau de stock dans le système informatique centralisé. Toute différence entre les produits reçus et ce qui a été initialement prévu déclenche une alerte envoyée aux gestionnaires du centre de distribution.

Chaque zone de stockage peut avoir ses propres lecteurs RFID afin de contrôler le flux de produits sortants et entrants et de gérer un inventaire spécifique. Ainsi, les inventaires manuels à exécuter deviennent minimes et on connaît à chaque instant la position de chaque produit dans le magasin. Des étagères équipées de lecteurs RFID peuvent devenir intelligentes et ajuster les informations visualisées en fonction des produits et de l'inventaire. Chaque fois qu'un utilisateur enlève un produit de l'étagère, le lecteur RFID détecte cet événement et ajuste automatiquement la quantité de produits disponible sur l'étagère. Lorsque cette quantité atteint un seuil minimum, un message alerte le responsable de rayon afin de réapprovisionner l'étagère en produits.

Les produits périssables qui perdent rapidement de leur valeur tout au long de la chaîne de livraison peuvent être équipés de marqueurs RFID qui

contiennent les dates limites. Lorsque les produits doivent être mis sur les étagères, le système central suggère ceux dont la date limite est la plus proche. Le marqueur RFID d'une bouteille de lait pourra même calculer sa date limite en fonction de la température ambiante.

## 5. Conclusion

L'ordinateur en tant qu'appareil dédié disparaîtra progressivement et ses capacités de traitement de l'information se dilueront dans l'environnement.

Il y a plusieurs exemples de technologies non informatiques qui sont devenues ambiantes, principalement l'écriture et l'électricité. L'écriture fournit des informations pour les utilisateurs sur tous les objets et les surfaces : la signalisation routière, les livres, les étiquettes de vêtements, etc. L'électricité est très fréquemment utilisée, dans beaucoup d'applications différentes dans les maisons, les voitures, les téléphones portables, etc. L'utilisation de l'écriture et de l'électricité est devenue tellement banale et naturelle que nous sous-estimons leur énorme impact sur la vie de chaque jour. Il en sera de même pour l'information pervasive.

## Bibliographie

### Articles

WEISER (M.). – *The Computer for the 21st Century*. Scientific American.  
<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/SciAmDraft3.html>

KINDBERG (T.) et coll. – *People, Places, Things : Web Presence for the Real World*. HP.  
<http://www.cooltown.hp.com/dev/wpapers/webpres/WebPresence.asp>

### Dans les Techniques de l'Ingénieur

NANARD (M.) et NANARD (J.). – *Interfaces graphiques. Fondements cognitifs*. [H 7 215], traité Informatique (2002).

AW (A.) et ROUHET (J.-C.). – *Système homme-machine*. [S 7 610], traité Informatique industrielle (2003).

FERRETTI (M.). – *Capteurs à fibres optiques*. [R 415], traité Mesures et Contrôle (1996).

DIENY (B.) et FEDELI (J.-M.). – *Capteurs magnétorésistifs*. [R 416], traité Mesures et Contrôle (2000).

JAFFREZIC-RENAULT (N.), MARTELET (C.) et CLECHET (P.). – *Capteurs chimiques et biochimiques*. [R 420], traité Mesures et Contrôle (1994).

LEQUIME (M.). – *Réseaux de capteurs à fibres optiques*. [R 460], traité Mesures et Contrôle (1997).

TRAN-TIEN (L.). – *Instrumentation personnalisée. Capteurs associés aux PC*. [R 528], traité Mesures et Contrôle (1994).

DURAND (S.). – *Capteurs de déplacement*. [R 1 800], traité Mesures et Contrôle (2002).

FERDINAND (P.). – *Capteurs à fibres optiques à réseaux de Bragg*. [R 6 735], traité Mesures et Contrôle (1999).

ANDRÉ (G.). – *Capteurs d'environnement en robotique : introduction*. [R 7 748], traité Informatique industrielle (1994).

- ANDRÉ (G.). – *Capteurs d'environnement en robotique. La perception des efforts*. [R 7 753], traité Informatique industrielle (1991).
- ANDRÉ (G.). – *Capteurs d'environnement en robotique. La perception tactile*. [R 7 754], traité Informatique industrielle (1991).
- ALDON (M.-J.). – *Capteurs et méthodes pour la localisation des robots mobiles*. [S 7 852], traité Informatique industrielle (2001).
- PERMUY (A.). – *Capteurs microélectroniques*. [E 2 315], traité Électronique (1993).
- MANDIAU (R.) et GRISLIN-LE STRUGEON (E.). – *Systèmes multiagents*. [S 7 216], traité Informatique industrielle (2002).
- CELLMER (J.). – *Réseaux cellulaires. Système GSM*. [E 7 364], traité Télécoms (1999).
- BATTU (D.). – *Systèmes numériques à haut débit du réseau d'accès*. [TE 7 105], traité Télécoms (2002).
- CELLMER (J.). – *Réseaux cellulaires. Système UMTS*. [TE 7 368], traité Télécoms (2002).
- DUTHILLEUL (F.) et NGUYEN (T.-A.). – *Technologie HomePNA*. [IP 1 600], traité Télécoms (2003).
- TREZENTOS (D.). – *Standard pour réseaux sans fil : IEEE 802.11*. [TE 7 375], traité Télécoms (2002).
- BONIN (G.). – *Système GPS de positionnement par satellite*. [TE 3 715], traité Télécoms (2001).
- BONIN (G.). – *Applications multiples du système GPS*. [TE 3 720], traité Télécoms (2002).
- COSTA (P.). – *Nanomatériaux. Propriétés et applications*. [M 4 027], traité Matériaux métalliques (2001).

## Sites Internet

Page personnelle de Mark Weiser

<http://www.ubiq.com/weiser>

eBiquity.ORG

<http://www.ebiquity.org>

Le Studio créatif de France Télécom R&D

<http://www.rd.francetelecom.fr/studio-creatif>