

Chapitre 1

Intelligence ambiante : effet de mode ou discipline d'avenir ?

Publié dans l'ouvrage *Informatique et intelligence ambiante : des capteurs aux applications*, Hermes Science Publishing Ltd

1.1. Intelligence ambiante : déjà vingt ans !

Le concept d'intelligence ambiante, décliné sous différents vocables (informatique ubiquitaire, informatique diffuse, Internet des objets, etc.), traduit l'émergence d'un domaine scientifique dont le périmètre est encore flou. Pour cette raison, nous choisissons de définir l'intelligence ambiante par sa finalité : fournir des espaces de services et des dispositifs fondés sur les nouvelles technologies et capables de répondre de manière adaptée en toute circonstance à la fois à des besoins individuels et à des défis sociétaux dans tous les secteurs d'activités. Par exemple, favoriser des modes de vie plus économes en consommation énergétique tout en créant des cadres de vie confortables et attractifs, renforcer une autonomie heureuse des personnes âgées ainsi que la cohésion des familles face aux nouveaux modes de vie, ou encore soutenir la participation sociale pour la création de richesses intellectuelles et matérielles.

En vérité, le concept n'est pas nouveau. Dès 1988, soit quatre ans après la commercialisation du Macintosh, Mark Weiser en déclinait déjà les principes sous le nom de *ubiquitous computing* (en France, on parlait alors sur le Minitel, un terminal alphanumérique). Weiser constate que les technologies ancrées dans nos activités quotidiennes sont celles qui savent s'y fondre jusqu'à disparaître et notamment, disparaître cognitivement. Il illustre son propos avec l'exemple de

Chapitre rédigé par Joëlle COUTAZ et James L. CROWLEY.

2 Titre de l'ouvrage

l'écriture [WEI 91] : omniprésente dans nos sociétés modernes, chacun l'utilise au quotidien sans même y prêter attention. Comparé à l'écriture, l'ordinateur actuel, bien que très répandu, est loin d'être aussi intégré dans le tissu de nos activités. Selon Weiser, l'ordinateur d'aujourd'hui ne constitue qu'une étape vers l'intelligence ambiante dont l'ancrage dans le quotidien serait tel qu'il rendrait en permanence des services indispensables sans que personne ne remarque sa présence.

Plus tard, au milieu des années 1990, apparaissent de nouveaux termes comme *Pervasive Computing* (informatique diffuse), une initiative soutenue par IBM. L'accent est plutôt mis sur les problèmes techniques incluant le développement des supports matériels et logiciels nécessaires à la concrétisation de la vision de Weiser. Parallèlement, *Ambient Intelligence* (intelligence ambiante) [STA 03] et *Disappearing Computer* (ordinateur évanescent) apparaissent avec le cinquième PCRD de la communauté européenne. Cette période est fortement marquée par la stratégie de Philips Research qui lance alors le projet « Vision of the Future » [PHI 96] et son *HomeLab*. Il s'agit de stimuler la créativité par la voie de l'expérimentation, d'explorer de nouvelles opportunités par la convergence de technologies, d'identifier la signification socioculturelle de ces inventions, en somme, de rendre les concepts tangibles, utiles et accessibles à tous.

Parallèlement, des conférences voient le jour. Ubicomp¹, créée par la communauté « informatique ubiquitaire », s'intéresse plutôt à l'expérience de l'utilisateur qu'à la technologie, alors que les conférences Pervasive et Percom² de la communauté « informatique diffuse » sont davantage marquées, au moins à leur tout début, par les défis et solutions techniques des systèmes distribués et des réseaux. Du côté européen, EUSAI (*European Symposium on Ambient Intelligence*), aujourd'hui renommé AmI – *Ambient Intelligence*³, voit le jour en 2003 sous l'impulsion de Philips Research Design. Une communauté s'est organisée autour d'un sujet plus ciblé : *context-aware computing* (informatique réactive au contexte). Le concept de contexte n'est pas nouveau en informatique (ni en d'autres domaines), mais l'imprévu et l'incertitude, qui prévalent en intelligence ambiante, lui confèrent un nouveau relief. D'autres sujets sont également étudiés sous un angle d'attaque précis : collectifs d'agents artificiels pour l'intelligence ambiante⁴, Internet des objets⁵ et *Machine-to-Machine* (M2M) qui n'impliquent pas nécessairement l'humain dans la boucle, objets communicants, informatique mobile (*mobile computing*), informatique portée (*wearable computing*)⁶, informatique sociale (*social computing*), environnements et habitats intelligents (villes, domiciles, routes,

¹ www.ubicomp.org/. Ubicomp, créée en 2001, émane de HUC 99 et de HUC2k (*Handheld and Ubiquitous Computing*).

² <http://pervasive2008.org/>, www.percom.org/

³ www.ami-07.org/

⁴ *Workshop Artificial Societies for Ambient Intelligence*, <http://asami07.cs.rhul.ac.uk/>

⁵ www.internet-of-things-2008.org

⁶ www.iswc.net/

moyens de transport, meubles, etc.), *Tangible and Embedded Interaction*⁷, informatique et émotion (*affective computing*)⁸, interaction humain-robot⁸, systèmes embarqués et bien d'autres.

En résumé, des communautés disciplinaires extrêmement diverses utilisent la vision de Weiser comme contexte systémique pour y inscrire (et justifier !) leur recherche. Pour autant, les approches adoptées sont-elles systémiques et, par conséquent, pluridisciplinaires ? Préconiser la pluridisciplinarité est devenu un lieu commun. En pratique, nous en sommes tout au plus aux rapprochements disciplinaires. C'est pourquoi, de notre point de vue, l'intelligence ambiante, en l'état, n'est qu'une étape dans l'évolution de l'informatique dont nous présentons une synthèse ci-dessous.

1.2. Une étape dans l'évolution de l'informatique

Waldne résume l'évolution de l'informatique en prenant comme paramètres, la miniaturisation progressive des composants électroniques, l'augmentation spectaculaire des capacités de traitement et de stockage de l'information (voir la loi de Moore), l'omniprésence des réseaux et la baisse des coûts de production du matériel [WAL 07]. Dans ce qui suit, nous proposons une analyse complémentaire de cette évolution en prenant comme élément directeur, la nature des ressources qui se sont successivement trouvées au cœur des préoccupations de la recherche. Ainsi, nous comptons trois étapes : l'ordinateur en tant que ressource critique, puis l'individu comme sujet de toutes les attentions et, aujourd'hui, le monde physique et social en relation avec le monde numérique.

1.2.1. *Près de cinquante ans en arrière : l'ordinateur, une ressource critique isolée*

Cinquante ans en arrière : c'est l'époque de l'unique ordinateur dont les ressources de calcul doivent servir à tous, bien trop cher et bien trop encombrant pour imaginer posséder un ordinateur chez soi ! La figure 1.1 en montre un exemple. L'utilisateur n'a pas d'accès direct à cette machine, ce privilège étant réservé à des opérateurs spécialisés. Les programmes sont saisis précautionneusement sur cartes perforées, les résultats imprimés sur des accordéons de feuilles de papier et, pour le stockage éventuel de données, les bandes magnétiques et les disques amovibles. Au mieux, la mémoire centrale frise le mégaoctet. Absence de réseau, puisque la commutation de paquets est un sujet de recherche d'avant-garde⁹.

⁷ www.tei-conf.org/

⁸ <http://hri2007.org/>

⁹ On doit à Louis Pouzin, alors chercheur à l'IRIA (pas encore l'INRIA) et à son équipe, la première mise en œuvre mondiale du concept de datagramme dans le cadre du projet Cyclades. La première démonstration a eu lieu en 1973, le réseau comprenant alors trois nœuds situés respectivement à l'IRIA, à la CII et à l'IMAG à Grenoble.

4 Titre de l'ouvrage



Figure 1.1. a) Un ordinateur pour tous, ici, l'IBM 360, fonctionnant soit en traitement par lots (essentiellement la nuit), soit en temps partagé (le jour). b) Un bac de cartes constituant un programme bien tangible ! Les procédures du programme sont mises en évidence par des marques et des noms inscrits au crayon. c) Le nœud du réseau Cyclades à l'IMAG.

L'utilisateur est un programmeur rompu au calcul scientifique, aux statistiques et aux applications de gestion (fiches de paie). Il est attentif à la consommation des ressources qu'il précise explicitement dans un langage de commande dédié (JCL ou *Job Control Language*). Ainsi, un programme qui « bouclerait » ou qui demanderait plus de mémoire que prévu, ou encore qui imprimerait plus de pages que prévu, serait automatiquement terminé par le système d'exploitation. Le programmeur est responsable de sa consommation de ressources de calcul. Tout l'art tient à sa capacité à produire des programmes corrects « du premier coup », y compris faire de « l'overlay à la main » en sorte que le programme « tienne » dans la mémoire centrale disponible. (Le concept de mémoire virtuelle est encore un sujet de

recherche.) Avec l'apparition des systèmes à temps partagé, les cartes perforées disparaissent au profit des terminaux personnels (les fameux « télétypes » à papier) remplacés progressivement par les écrans alphanumériques qui, comme leur nom l'indique, ne sont pas encore des écrans à points.

L'optimisation des ressources et leur « virtualisation » (que l'on retrouve aujourd'hui avec le *cloud computing* et les systèmes embarqués sur capteurs) sont restées les moteurs de l'informatique jusqu'à ce que quelques chercheurs (nord-américains pour la plupart) portent leur attention sur la composante humaine du système homme-machine. En effet, le coût du personnel d'entreprise est sur le point de l'emporter sur celui des machines.

1.2.2. *Il y a trente ans : l'utilisateur au centre des préoccupations*

1983 est l'année de la première édition de la conférence CHI (*Computer Human Interaction*) de l'ACM¹⁰. Cette conférence, concomitante avec l'imminence des calculateurs personnels, marque le début d'une quête militante pour le développement d'applications utiles et utilisables pour un utilisateur cible. L'utilisateur n'est plus le programmeur de la « saison 1 », mais un non-spécialiste de l'informatique qu'il convient de soutenir dans ses activités professionnelles. Une application est utile si elle fournit les fonctions attendues par son utilisateur – ni plus, ni moins. Si tel est le cas, la conformité fonctionnelle est assurée. L'application est utilisable si l'interface homme-machine (IHM), qui donne accès aux fonctions applicatives, est conforme aux capacités cognitives, motrices et sensorielles de l'utilisateur cible. C'est la conformité interactionnelle.

Les informaticiens, qu'ils soient académiques ou industriels, ont (trop) longtemps sous-estimé la dimension cognitive qui sert pourtant de point de jonction entre l'espace des fonctions (dit noyau fonctionnel) et l'espace de l'interaction (ou interface homme-machine). En effet, il ne s'agit pas seulement d'identifier les fonctions attendues. Il convient également de les agencer de manière à respecter les raisonnements et procédés de l'utilisateur. Cet agencement doit non seulement être conforme au plan mental de l'utilisateur, mais aussi être rendu explicite par l'interface homme-machine. Le milieu informatique comprend enfin en 2010 que la conception d'une interface homme-machine n'est pas seulement une affaire d'esthétisme (qui relève d'ailleurs du *design*), mais bien un problème de maintien de la conformité ordinateur-humain. La psychologie cognitive et l'ergonomie ont beaucoup œuvré dans cette quête de conformité sous forme de méthodes, de théories et de techniques.

Concernant les méthodes, citons la conception participative et contextuelle [BEY 06], la conception itérative (dont l'esprit s'accommode bien des méthodes « agiles » du génie logiciel), de même la conception dirigée par les scénarios [ROS 02]. Ces méthodes centrées utilisateurs ont donné naissance à de nombreux formalismes tels CLG [CAR 83], TAG [PAY 86] et ETAG [TAU 90], UAN [HAR 92] et CTT [PAT 97] pour modéliser les plans mentaux des utilisateurs cibles sous forme de modèles de tâches (une structure arborescente de buts et de sous-butés reliés par des opérateurs de composition ou de relations temporelles). Un tel modèle, bien

¹⁰ CHI'83 fait suite au tout premier atelier sur le sujet à Gaithersburg en mars 1982, intitulé *Human Factors in Computer Systems*.

6 Titre de l'ouvrage

plus complet qu'un *Use Case UML*, spécifie les requis fonctionnels et leurs enchaînements, du point de vue de l'utilisateur.

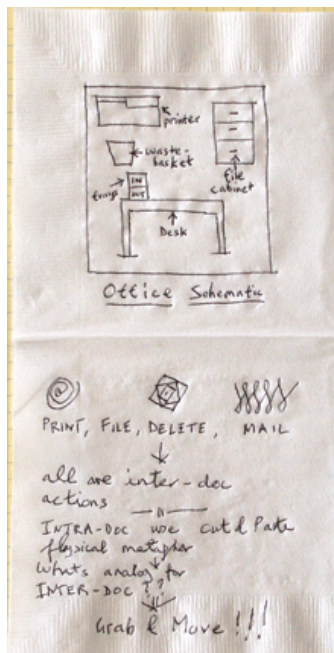


Figure 1.2. A la recherche d'une représentation graphique de la métaphore de bureau, une idée déjà dans l'air au milieu des années 1970 : esquisse de Tim Mott produite vers la fin des années 1970 (tirée de [MOG 06], p. 52). Relever la présence des premières commandes génériques : « Print, File, Delete, Mail, Cut and Paste, Grab and Move ».

Du côté des théories, au-delà du modèle du processeur humain [CAR 83], le principe de correspondance directe de Norman entre variable psychologique et objet informatique, entre état interne du système et sa représentation et sa manipulation, font aujourd'hui partie (ou devrait faire partie) du bagage intellectuel de base de tout informaticien [NOR 86]. Deux types de représentation (et de recherches), pourtant complémentaires, s'affrontent : les représentations langagières (langue naturelle ou langage artificiel comme les *shells*) et les représentations fondées sur une métaphore du monde réel comme la métaphore du bureau qui prévaut encore aujourd'hui (voir figure 1.2). Du côté technique, le paradigme d'interaction WIMP (*Window, Icon, Menu, Pointing*), véhiculé par les boîtes à outils graphiques natives et par les patrons de conception d'IHM sont le résultat de ces théories et principes. Du côté de l'évaluation, ergonomes et psychologues ont transmis tant bien que mal auprès des informaticiens, leurs méthodes d'élaboration de protocoles expérimentaux pour mesurer les performances humaines, le plus souvent en termes de temps d'exécution et de nombre d'erreurs.

Parallèlement, Internet et les réseaux sans fil, le *web* (qui fêta ses vingt ans en 2010), de même les navigateurs – utiles et utilisables par (presque) tous – changent

la donne. De la machine individuelle isolée, nous passons à l'ère du « tout instantanément connecté » de la troisième période de l'informatique.

1.2.3. Depuis une dizaine d'années : union des mondes physique, social et numérique

Par opposition à l'informatique de la « saison 2 », dont l'ordinateur de bureau est l'archétype, la nouveauté technique tient aux capacités de mobilité et d'intégration des systèmes numériques dans le milieu physique au point de s'y confondre, et ceci de manière spontanée, à de multiples échelles, de la planète au micro, voire nano-objet. Cette mobilité et cette fusion rendues possibles par la miniaturisation et la puissance des composants électroniques, par l'omniprésence des réseaux, et par la chute des coûts de production, permettent d'entrevoir la composition opportuniste de dispositifs et de services de toutes sortes au-dessus d'une infrastructure à granularité et à géométrie variables, dotés de facultés de capture, d'action, de traitement, de communication et d'interaction. La figure 1.3 illustre en images cette tendance.

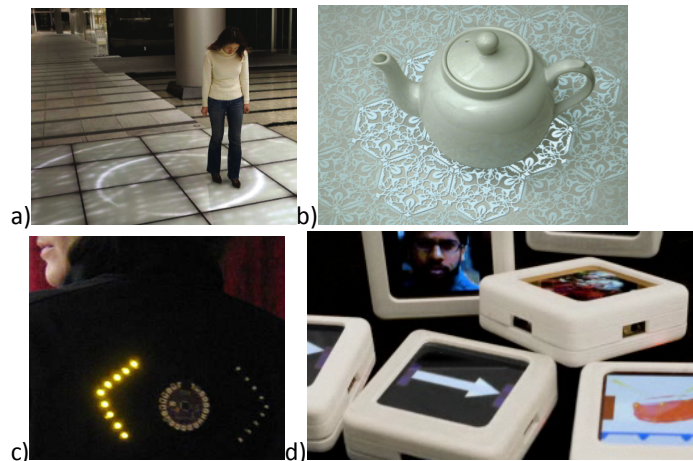


Figure 1.3. Exemples de services et dispositifs. a) projection d'ambiance sur le sol. b) Le « napperon-mémoire » [GAV 06] qui trace le déplacement d'objets chez soi : un halo lumineux se forme progressivement autour de l'objet, puis disparaît progressivement lorsque l'objet est placé ailleurs. c) Application du Lily Pad Arduino : fabrication personnelle d'une veste augmentée d'un clignotant pour indiquer un changement de direction [BUE 08]. d) les siftables composables à façon pour construire de nouvelles applications [MER 07].

Les exemples de la figure 1.3 appellent trois remarques : polymorphisme de l'ordinateur ; tissage, au sens propre comme au figuré, du numérique dans nos activités ; de l'utile au futile. Autrement dit, le monde physique est devenu une ressource façonnable et (re)constructible par l'individu, pas seulement pour être plus

8 Titre de l'ouvrage

efficace, mais pour améliorer la qualité de vie, le bien-être, le plaisir, l'expérience. On parle aussi de « funologie » [BLY 06]. L'utilisateur n'est plus nécessairement un sujet condamné à « consommer » les applications imposées par l'offre du marché. Il a maintenant la possibilité d'être un acteur, tel le « bricoleur du dimanche » qui construit et améliore son espace de vie à partir de composants disponibles sur étagère. Remarquons que cette capacité individuelle de création se voit démultipliée par un nouveau phénomène : la participation sociale [KRA 10] rendue possible par le *web*, premier système universel.

En vérité, la dimension sociale est étudiée en lien avec l'informatique depuis la fin des années 1980¹¹. L'objectif est à cette époque d'élaborer des modèles, théories et systèmes numériques, dits collecticiels, susceptibles d'améliorer les activités de groupe en termes de production, de coordination et de communication. Avec le *web*, le changement d'échelle suscite de nouveaux usages. Tout individu, toute collectivité et toute communauté, peut collecter des informations, les relier, puis produire de nouvelles informations et les offrir à son tour à l'humanité. C'est ce que Shneiderman appelle le *collect-relate-create-donate mantra* [SHN 98]. Wikipedia est le premier exemple réussi de construction collective de connaissances encyclopédiques. Il en est d'autres comme *Google Image Labeler* pour l'indexation des images et *TopCoder* pour la production sociale de programmes. Les magasins numériques de logiciels initiés par l'*App Store* d'Apple, entraînent des changements dans les processus de développement des logiciels et de là, l'émergence de nouveaux modèles (et opportunités) économiques.

En revanche, il nous faut survivre aux avalanches d'informations alors que la bande passante humaine, elle, reste constante. Il y a là, un véritable goulet d'étranglement qui, au-delà des moteurs de recherche, nécessite l'invention de nouvelles techniques d'interaction. Dans cette direction, l'interaction gestuelle et les centrales d'inertie pour téléphones mobiles, l'interaction corporelle et la vision par ordinateur avec reconstruction 3D temps réel pour grand public (tel Kinect¹² de Microsoft), l'interaction musculaire, les écrans transparents multipoints et déformables figurent parmi les sujets particulièrement actifs (voir figure 1.4). Ces exemples démontrent, s'il en est encore besoin, que l'innovation passe par un rapprochement inédit de spécialistes intra-STIC (sciences et technologies de l'information et de la communication) et STIC-SHS (sciences humaines et sociales), des nanotechnologies aux logiciels, à tout niveau d'abstraction, et orthogonalement de l'individu aux groupes sociaux.

¹¹ La première conférence ACM sur le sujet, *Computer Supported Collaborative Work* (CSCW) a eu lieu en 1987.

¹² Relevons, à Noël 2010, le slogan publicitaire de vente de Kinect affiché partout dans les couloirs du métro parisien : « c'est vous la manette ! » qui assimile l'homme à la célèbre manette Wii de Nintendo.

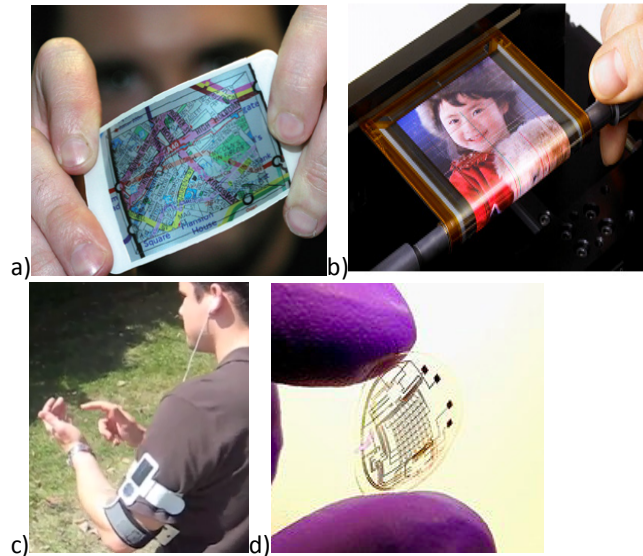


Figure 1.4. Exemples de nouveaux dispositifs illustrant l'intégration de connaissances STIC, des nanotechnologies au logiciel. a) une maquette du Gummi (Sony), un ordinateur déformable : la navigation dans l'espace d'information se fait en courbant la surface [SCH 04]. b) un écran OLED enroulable (présenté par Sony lors du SID, Society for Information Display, 2010). c) Skinput appliqué au baladeur musical : les frappes du doigt sur la surface de la peau sont captées par un brassard muni de capteurs [HAR 10]. d) une lentille souple dans laquelle est imprimé un circuit pour affichage direct sur la surface de l'œil.

Cette brève revue donne tout lieu de croire que nous entrons dans une ère de changements radicaux, mais ce n'est pas sans relever bon nombre de défis.

1.3. Les défis de l'extrême

Les défis scientifiques, techniques et éthiques posés par l'intelligence ambiante ont été commentés en de multiples rapports [COU 08, STA 03, PUN 05, WAL 07], journaux spécialisés et appels d'offre. Nous nous limitons ici au terrain scientifique et technique, et retenons trois défis-clés : le facteur d'échelle, l'hétérogénéité et l'adaptation dynamique qui, non seulement concernent tous les niveaux d'abstraction de la figure 1.5, mais sont fortement corrélés.

1.3.1. Le multi-échelle

Il convient non seulement de traiter le passage à l'échelle, mais aussi de gérer la cohabitation simultanée de plusieurs échelles, du microsystème embarqué sur un capteur au *cloud computing*. A son tour, le multi-échelle véhicule le problème de l'hétérogénéité.

1.3.2. L'hétérogénéité

A la fois matérielle et logicielle, la diversité des solutions se présente à tous les niveaux d'abstraction, des réseaux, aux services et aux dispositifs. Certes, des efforts de normalisation se font dans toutes les disciplines et corps de métier. Précisément, comme ces propositions sont élaborées en silos étanches, nous aboutissons à une multitude de solutions rarement

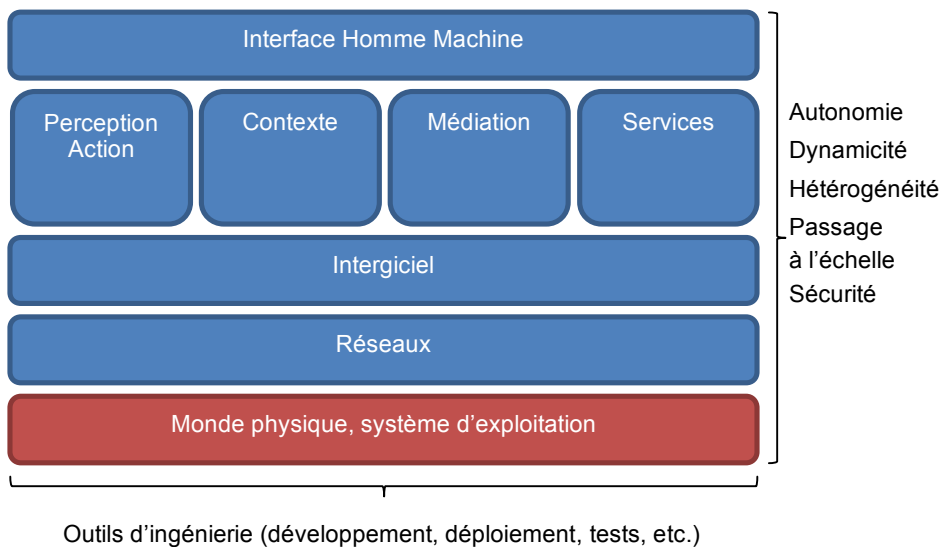


Figure 1.5. Vue architecturale des thèmes de recherche en intelligence ambiante

interopérables, voire incompatibles, rendant impossible l'adaptation dynamique.

1.3.3. L'adaptation dynamique

Ce sujet, qui revêt de multiples facettes, approches et solutions, est traité depuis des années à tous les niveaux d'abstraction dans de nombreux domaines et spécialités de recherche (voir figure 1.5). Pour certains chercheurs, l'objectif ultime est le système autonome, sûr et sécurisé, sans intervention humaine. Pour d'autres au contraire, l'utilisateur doit pouvoir rester dans la boucle, si cela est son choix. Il convient donc, au sein de « compositions autonomes » de prévoir les bons points d'ancrage avec l'humain et ceci quel que soit le niveau d'abstraction.

En l'état, nous traitons ces problèmes de manière parcellaire, contrainte par la vue étroite d'une seule spécialité ou d'un seul domaine d'application. Il nous faut donc aboutir à des technologies génériques, facilitantes et façonnables : génériques afin d'être applicables en toute circonstance, facilitantes pour permettre le développement rapide de services par des professionnels, façonnables de manière à être organisables et transformables à volonté par l'utilisateur final et ceci dans un

monde hétérogène, contraint, dynamique et multi-échelle¹³. Il ne s'agit pas de créer un monde uniformisé et normalisé, mais bien d'en respecter la diversité et l'inattendu. Pour notre part, nous pensons que le « façonnable » constitue un défi majeur dans les années à venir car alors, nous mettrons dans les mains de l'utilisateur final les moyens nécessaires pour programmer (sans qu'il sache qu'il programme), mettre au point des programmes (sans pour autant mettre en péril sa vie et ses biens) et les partager avec autrui (à la manière de l'*App Store* via les réseaux sociaux).

1.4. Conclusion

Ainsi, l'Intelligence ambiante est-elle un effet de mode ou bien est-elle une discipline d'avenir ? Comme le suggère notre analyse, l'intelligence ambiante n'a pas – au sens de Kuhn – le statut de discipline¹⁴. Si une communauté scientifique s'est organisée autour de colloques et de revues spécialisées, elle ne partage pas pour autant un ensemble référent de concepts et de méthodes. L'intelligence ambiante est encore « tirée » par les applications pour leurs retombées socio-économiques. Pour l'avenir, nous pensons que la réponse passe par une évolution progressive des processus de la recherche, depuis l'approche collaborative actuelle vers une approche intégrative sincère et pérenne. Ou bien, chacun dans sa discipline et sa spécialité progresse par côtoiement avec d'autres disciplines (c'est l'alliance multidisciplinaire éphémère que véhiculent les projets de recherche dits collaboratifs) ; ou bien, nous développons de nouvelles connaissances communes issues de l'intégration de plusieurs disciplines et spécialités – c'est la convergence pluridisciplinaire, un défi en soi. L'interaction homme-machine est un exemple réussi d'une telle convergence entre la psychologie, la sociologie et l'informatique. Mais il a fallu plus de vingt ans pour que cette discipline soit reconnue en tant que telle. Il faut donc laisser du temps au temps. Néanmoins, reprenons à notre compte cette phrase attribuée à Alan Kay : « la meilleure façon de prédire le futur est de l'inventer ! ».

1.5. Bibliographie

[BEL 06] BELL G., DOURISH P., « Yesterday's tomorrows: notes on ubiquitous computing's dominant vision », *Personal and Ubiquitous Computing*, 2006. www.ics.uci.edu/~jpd/ubicomp/BellDourish-YesterdaysTomorrows.pdf

[BEY 98] BEYER H., HOLTZBLATT K., *Contextual Design*, Morgan Kaufman, San Francisco, 1998.

[BLY 03] BLYTHE M.A., OVERBEEKE K., MONK A.F., WRIGHT P.C. (DIR.), *From Usability to Enjoyment*, Human Computer Interaction Series, vol. 3, Springer, New York, 2003.

[BUE 08] BUECHLEY L., EISENBERG M., CATCHEN J., CROCKETT A., « The LilyPad Arduino: Using Computational Textiles to Investigate Engagement, Aesthetics, and Diversity », *Proceedings of the SIGCHI conference (CHI 2008)*, p.423-432, Computer Science

¹³ Ce que, en termes moins techniques, Bell et Dourish appellent *a messy fragmented world* [BEL 06].

¹⁴ www.electroniques.biz/pdf/EIH200312110541038.pdf

12 Titre de l'ouvrage

Education, Florence, Italie, avril 2008.

[CAR 83] CARD S.K., MORAN T.P., NEWELL A., *The Psychology of Human Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1983.

[COU 08] COUTAZ J., CROWLEY J., Intelligence Ambiante : défis et opportunités, Document de réflexion conjoint du comité d'experts « Informatique Ambiante » du département ST2I du CNRS et du Groupe de travail « Intelligence Ambiante » du Groupe de concertation sectoriel (GCS3) du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, DGRI A3, 2008. <http://iihm.imag.fr/publs/2008/RapportIntellAmbiante.V1.2finale.pdf>.

[GAV 06] GAVER W., « The History Tablecloth; Illuminating Domestic Activity », *DIS'06 Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems*, p. 199-208, ACM, 2006.

[HAR 10] HARRISON C., TAN D., MORRIS D., « Skinput: appropriating the body as an input surface », *Proceedings of CHI'10*, p. 453-462, ACM, 2010.

[HAR 92] HARTSON R., GRAY P., « Temporal Aspects of Tasks in the User Action Notation », *Human Computer Interaction*, vol. 7, p. 1-45, 1992.

[STA 03] ST ADVISORY GROUP, *Ambient Intelligence: from Vision to Reality*, European Commission, 2003.

[KRA 10] KRAUT R., MAHER M.L., OLSON J., MALONE T., PIROLI P., THOMAS J.C., « Scientific Foundations: a case for Technology-Mediated Social Participation Theory », *IEEE Computer*, p. 22-28, novembre 2010.

[MER 07] MERRILL D., KALANITHI J., MAES P., « Siftables: Towards Sensor Network User Interfaces », *Proceedings of the First International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'07)*, Baton Rouge, Etats-Unis, 15-17 février 2007.

[MOG 06] MOGGRIDGE B., *Designing Interactions*, The MIT Press, Cambridge, 2006.

[NAR 95] NARDI B., *A Small Matter of Programming, Perspectives on End User Computing*. The MIT Press, Cambridge, 1995.

[NOR 86] NORMAN D., DRAPER S.W., *User Centered Design, New Perspectives on Human-Computer Interaction*, Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1986.

[PAR 09] PARVIZ B., « Augmented Reality in a Contact Lens », *IEEE Spectrum*, septembre 2009.

[PAT 97] PATERNO F., MANCINI C., MENICONI S., « ConcurTaskTrees: A Diagrammatic Notation for Specifying Task Models », *Proceedings of INTERACT 1997*, p. 362-369, Sydney, Australie, 1997.

[PAY 86] PAYNE S., GREEN T., « Task-Actions Grammars: A Model of the Mental Representation of Task Languages », *Human-Computer Interaction*, 2, p. 93-133, 1986.

[PHI 96] PHILIPS, *Vision of the Future*, Philips Corporate Design, Eindhoven, V+K Publ., Bussum, Pays-bas, 1996.

[PUN 05] PUNIE Y., « The Future of Ambient Intelligence in Europe: The Need for More Everyday Life », *Communications & stratégies*, n° 57, 2005. www.idate.fr/fic/revue_telech/418/CS57_PUNIE.pdf

[ROS 02] ROSSON M.B., CARROLL J.M., *Usability Engineering, Scenario-based Development of Human Computer Interaction*, Morgan Kaufmann, San Francisco, 2002.

[SCH 04] SCHWESIG C., POUPYREV I., MORI E., « Gummi: a bendable computer », *Proceedings of CHI'2004*, p. 263-270, ACM, 2004.

[SHN 98] SHNEIDERMAN B., « Relate-Create-Donate: A teaching/learning philosophy for cyber-generation », *Computers and Education*, 1-15, 1998.

[TAU 90] TAUBER M., « ETAG: Extended Task Action Grammar – A language for the Description of the User's Task Language », *Proceedings INTERACT'90*, p. 163-174, Elsevier, 1990.

[WAL 07] WALDNER J.B., *Nano-informatique et intelligence ambiante, inventer l'ordinateur du XXI^e siècle*, Hermès Lavoisier, Paris, 2007.

[WEI 91] WEISER M., « The Computer for the Twenty-First Century », *Scientific American*, Vol. 265, n°3, p. 66-75, 1991.