

Annexe 3 du Guide

**Sciences et technologies d'information et de communication en santé et aide
à l'autonomie**

Annexe 3

SCIENCES ET TECHNOLOGIES D'INFORMATION ET DE COMMUNICATION EN SANTE ET AIDE A L'AUTONOMIE

Remarque préliminaire : Ce document actualise et enrichit significativement le chapitre « Technologies » du rapport CGTI de janvier 2006, modifié en mars 2007 à l'issue des auditions des projets présentés par les industriels du secteur. Cette actualisation a bénéficié du concours de plusieurs experts, notamment de ceux de l'Institut TELECOM, de l'INSERM, du CEA, de l'IRIT (CNRS), de l'ASIP, ainsi que d'experts issus de laboratoires privés, entre mars 2008 et mars 2009.

Objet du document

Le présent document tente de proposer un recensement des technologies susceptibles d'être mises en œuvre dans un système de santé et d'aide à l'autonomie. Son but est de permettre à des responsables scientifiques, technologues, gestionnaires, intéressés par le secteur d'acquiescer une compréhension certes rudimentaire et simplificatrice, mais partagée et la plus large possible, des enjeux scientifiques et technologiques du secteur, et de relever ces enjeux dans les projets qu'ils auront à conduire. Nous avons cherché en particulier à :

- Proposer une classification des compétences scientifiques et technologiques en sept grandes « familles », en établissant des liens entre les fonctionnalités couvertes, les domaines scientifiques mobilisés et les technologies mises en œuvre. Ces familles sont obtenues par un rapprochement entre diverses classifications et études, émanant notamment de l'INRIA, l'INSERM, l'ANR et de la CNSA concernant les technologies pour la santé et pour l'autonomie¹.
- Repérer, au travers des programmes de recherche TIC² et santé, ou TIC et inclusion ainsi que des projets de la commission européenne, les technologies perçues par la communauté scientifique comme susceptibles d'apporter de la valeur au système de santé et d'autonomie.
- Présenter l'offre technologique d'une façon qui permette de la rapprocher des besoins du système de santé

Dans cette approche, nous ne perdons pas de vue que la confiance du patient dans les professionnels de santé, tout particulièrement le médecin traitant, est un élément central. Le professionnel prend des décisions qui concernent le patient, ou la personne préoccupée de sa santé, dans son intimité, certaines revêtant parfois un caractère vital. Les systèmes techniques sont susceptibles de transformer cette relation, en rendant notamment les personnes au contact du patient ou de la personne fragile, professionnels ou aidants, moins seuls dans la décision. Mais le technologue ne saurait oublier la dimension essentiellement humaine de la pratique médicale dans les transformations autorisées par les technologies.

¹ Le GDR STIC Santé développe également des recherches coordonnées, réflexions et groupes de travail sur ces domaines, travaux auxquels ce document n'a pas, à ce stade, été confronté.

² TIC : Technologies de l'Information et des Communications

Les domaines scientifiques et technologiques abordés sont fort nombreux, et de ce fait, toute tentative de classification de cette nature est perfectible. En particulier, la médecine est, en tant que telle, en dehors de notre champ d'analyse, alors que ses relations avec les thèmes traités peuvent être très étroites. Nous évoquerons ce lien en proposant pour chaque famille technologique des éléments de prospective présentant un intérêt pour le secteur de la santé. Segmenter ainsi par domaines le champ des connaissances peut donner l'impression qu'on aurait à faire à des thématiques séparées : ce n'est pas le cas. C'est un des risques des travaux où l'on classe. Des liens existent en fait entre les domaines, qui n'ont généralement pas été explicités pour des raisons de lisibilité du document. Ils apparaissent clairement quand on examine les projets de recherche dans le domaine.

S'agissant des TIC globalement, on signalera deux facteurs d'évolution dans lesquels les technologies interviennent de façon significative :

- Côté patient, le développement d'équipements électroniques communicants tels que : terminaux d'accès à l'information (via des sites ou des bornes électroniques), capteurs, actionneurs, robots, rendus acceptables et fonctionnellement riches grâce à la miniaturisation des composants ; objets usuels devenus communicants.
- Côté professionnels, les TIC deviennent un support de l'action collective et de la coopération, grâce notamment aux technologies de l'imagerie médicale, des logiciels coopératifs. L'accroissement des capacités de calcul à un coût économique réduit permet parallèlement un recueil et le traitement en masse de données médicales anonymisées, au service de l'épidémiologie, de la recherche, de la connaissance des populations et des principales données médicales, ainsi que du marketing des produits et services de santé. Concernant la recherche cette puissance est notamment mise au service de modélisations de plus en plus élaborées de la matière et du vivant.

Le CGTI, qui conduit ce travail, est naturellement focalisé sur les technologies et usages relatifs aux TIC. Pour autant, dans de nombreux cas, la réalisation de la valeur de ces technologies n'est possible qu'au travers d'interfaces complexes, où les défis à relever relèvent de l'électronique (robotique cognitive, systèmes de contrôle), de la biologie (interaction bio-techno, biologie computationnelle), ou encore d'analyses systémiques complexes, avec hybridation de composants technologiques et biologiques, dépassant largement le cadre des TIC. Ces problématiques ne pouvaient être passées sous silence. Mais la granularité de la présentation y est éventuellement moins fine que dans les domaines strictement TIC. Mentionnons enfin que la question de l'alimentation en énergie, bien qu'intrinsèquement importante (miniaturisation, consommation, alimentation des composants intrusifs,...) n'est pas traitée dans ce document.

Contexte : Emergence de la télésanté, et de TIC au service d'une nouvelle manière de pratiquer la médecine et de gérer la santé

Le terme de télésanté est une généralisation des termes anciens de télé-médecine, qui avait accompagné les premières expérimentations de diagnostic à distance, et de téléchirurgie, laquelle a aussi ses pionniers, comme l'expérimentation réalisée par le Pr Marescaux. Jusqu'à ce jour, ces expériences n'ont cependant pas permis d'entraîner à leur suite les développements escomptés.

Le terme de télésanté couvre, dans la société civile, une réalité multiple, tant au niveau de marchés visés (du confort à domicile, peu médicalisé, mais potentiellement riche de services connexes, comme la restauration ou les loisirs, à l'hôpital, à domicile, très réglementé et centré sur les soins) que de technologies mises en œuvre (de la visioconférence améliorée au

stimulateur cardiaque, et demain au cœur artificiel communiquant des données physiologiques).

*Ainsi, la **télésanté** recouvre le domaine de l'utilisation des technologies de l'information et des communications (TIC) orientées vers la gestion du « capital santé » de chaque citoyen. Cette gestion peut être assurée par lui-même ou avec des aidants : famille, professionnels du secteur santé traditionnel, du secteur social, voire d'autres secteurs des services. La **télé médecine** est un sous-ensemble du domaine de la télésanté qui mobilise un ou plusieurs praticiens de santé. La défense, dont le cadre d'exercice des activités de santé est spécifique, donne au terme de télésanté une acception plus large : Pour la défense en effet, la télésanté correspond à l'ensemble des processus nouveaux engendrés par l'introduction de la numérisation dans toutes les activités liées à la pratique médicale, la recherche et son enseignement.*

Sous l'angle technologique et industriel, on peut considérer qu'un système de télésanté renvoie toujours, bien qu'avec des pondérations très variables, aux composants suivants :

- Un ensemble d'acteurs humains, les uns près du patient ou de la personne assistée, les autres à distance. Ces acteurs sont des professionnels de santé, mais aussi des opérateurs du système, du personnel de service, ou même des proches du patient ou de la personne fragile.
- Un ou plusieurs moyens de recueil d'information, concernant le patient ou la personne assistée, intégrant des technologies matures ou au contraire très avancées, plus ou moins coûteux, codant des données valant ou non information médicale, issue selon le cas de capteurs ou de terminaux de saisie.
- Des systèmes de communication véhiculant cette information vers des sites distants où elle sera interprétée et/ou stockée, en temps réel ou différé.
- Des systèmes de structuration, stockage, traitement et exploitation de cette information, assortis de dispositifs de sécurité, de droits d'accès et d'archivage de masse, ainsi que des systèmes de décision et de mise en œuvre d'actions. Ces systèmes sont aussi des lieux de production de connaissances, par les traitements statistiques dont ils sont le siège.

Le développement de ce type de système s'accompagne d'une révision des rôles et des responsabilités tant du médecin que des autres professionnels de santé et du patient lui-même – ou de la personne en bonne santé désireuse de gérer son « capital santé ». Ce dernier, plus informé, poussé par l'évolution globale de l'environnement réglementaire, intervient de plus en plus dans la décision finale.

La mobilisation de grands acteurs de taille internationale est tout à fait nouvelle. Elle s'exprime selon trois axes, qui se réfèrent aux composantes de la télésanté présentées plus haut, avec des projets devenus attractifs sous l'effet conjugué de la miniaturisation des composants, en particulier des implants, de la capacité de les piloter par des moyens de communications eux même faiblement invasifs, enfin, de la possibilité de rapatrier un grand nombre de ces informations sur des bases de données de grande taille. Plus précisément :

- Le premier axe de développement est celui des grands projets nationaux ou internationaux d'infrastructure pour la concentration et le traitement de masse de données de santé anonymisées, permettant de disposer d'outils de pilotage fin des politiques de santé publique (Prévention, affectation globale des ressources, gestion de crise, par exemple).
- Le second axe concerne les applications de coopération experte entre professionnels de santé ou du domaine social, en réseau ou avec les centres spécialisés, de soins (hôpital) ou de prise en charge (outils d'amélioration et de contrôle de la qualité).

- Le troisième axe vise le couplage entre des implants miniaturisés et communicants, des terminaux spécialisés, des dispositifs de palliation ou d'assistance, et des réseaux et systèmes de communication locaux alimentant en informations physiologiques, biologiques ou comportementales nominatives des plate-formes territoriales ou d'établissement accessibles aux professionnels appartenant à une même communauté de pratique (outils d'amélioration de la performance médicale et de l'autonomie). Un besoin de confidentialité se fait jour dans ce cas

Ce contexte, qui relie les actes individuels des professionnels à l'action collective, communautaire ou institutionnelle, a également guidé la classification proposée.

Cette classification est la suivante :

- A. Management (Conception, évaluation, gestion du changement – en particulier organisationnel)
- B. Sciences humaines, économiques et de gestion
- C. Applications : gestion, traitement et présentation des données et informations
- D. Systèmes techniques et architectures
- E. Dispositifs
- F. Technologies
- G. Sciences du vivant

Pour tout nouveau projet de système d'information en santé, des objectifs devraient être fixés pour chacune de ces catégories, ainsi que les moyens de vérifier que ces objectifs sont atteints. Ces objectifs, dans le cadre d'un projet, sont liés les uns aux autres. Une telle approche permettrait notamment de mettre fin à la dispersion des moyens dont souffre le secteur.

Plus précisément, la classe Management (A) renvoie au Plan de management du projet, la classe Sciences humaines et de gestion (B), au dispositif d'évaluation (économique et non économique), la classe Applications et traitement des données (C), aux tests fonctionnels, la classe Systèmes (D) aux tests d'intégration, la classe Dispositifs (E), aux tests unitaires, les classes Technologies et Sciences du vivant (F et G respectivement), à la levée de verrous technologiques.

A. Management

Pilotage de santé publique
Conception
Conception centrée utilisateur
Living Labs
Evaluation économique et non économique
Suivi de réalisation
Gestion du changement

La structure de ce paragraphe renvoie aux différentes phases du cycle de développement de produits et services : conception, gestion du changement associé au déploiement, évaluation.

A.1. Conception des produits et services d'information

Les sciences de gestion ont développé depuis quelques années une branche des sciences de la conception. En effet le rythme de renouvellement des gammes de produits et services s'est considérablement accru, dans une logique de concurrence exacerbée et de recherche de nouvelles créations de valeur. Les travaux dans ce domaine mettent en évidence que de plus en plus, cette valeur est largement associée à la participation des utilisateurs, professionnels et patients qui la créent d'une façon souvent imprévisible pour le concepteur.

Ceci est particulièrement important dans le domaine de la santé, où l'apport de l'outil ou du service est parfois vital, et inscrit au cœur même de l'activité quotidienne. L'évolution de la médecine de réparation vers une médecine de suivi des patients et des risques associés à son nouvel état de la personne (suivi thérapeutique), le développement d'aides techniques palliatives ou de compensation renforcent la portée de cette observation, et l'importance des préoccupations relatives à la qualité de vie.

La mise en œuvre de stratégies d'innovation de service basées sur des méthodologies de conception centrées sur l'utilisateur, au travers de scénarios aptes à stimuler son imagination, ou de l'expérimentation de prototypes ou de produits dans des situations proches du réel (« Living Labs ») s'avère ainsi particulièrement pertinente dans le secteur de la santé et de l'inclusion, mais trop rarement mise en œuvre dans notre pays. La question de l'ergonomie des objets et services constitue l'une des composantes de cette question. On notera enfin que le concepteur ne peut plus se permettre d'être seul. L'évaluation du contexte dans lequel sera plongé l'innovation nécessite l'apport de l'ensemble des acteurs.

Il convient de souligner que l'évaluation doit être prévue dès la conception : En effet, le choix d'indicateurs en même temps que la fixation d'objectifs permettent seuls de maintenir le cap pendant la durée du projet.

A.2. Gestion du changement

L'introduction des technologies de l'information dans le système de santé s'accompagne de transformations qui concernent aussi bien l'évolution des pratiques professionnelles, celle des codes et repères des acteurs, de leurs modes de coopération et de délégation. Gérer le changement, c'est à la fois donner du sens à ces transformations pour ceux qui les subissent, anticiper les difficultés qu'ils vont rencontrer, soutenir leurs efforts d'apprentissage, prévenir des crises éventuelles, recueillir les éléments d'interaction entre les groupes humains et les systèmes techniques pour adapter autant que faire se peut ces derniers aux besoins et exigences qui apparaissent avec l'émergence des nouvelles pratiques. Ces thèmes sont autant de domaines de recherche relevant des sciences de gestion et de la sociologie des organisations, ainsi que de l'anthropologie appliquée car c'est aussi par une analyse fine via observation et récolte des discours sur ces interactions que ces éléments peuvent émerger. Mais de nombreux acquis issus d'observations cliniques et divers modes d'intervention (de type « recherche-action », par exemple) développés au sein de ce champ scientifique permettent de mieux guider ces transformations et d'accumuler de l'expérience.

A.3. Evaluation

Dans l'introduction, nous soulignons la volonté dans ce travail de rapprocher les technologies et la satisfaction des besoins individuels et collectifs des acteurs de la santé : patients, bien portants, professionnels de santé et du médico-social, responsables de la santé publique, etc. La valeur d'une technologie se mesure à l'aune de la satisfaction de ces divers acteurs. Cette mesure est difficile du fait que les intérêts ne convergent pas naturellement, et qu'elle comporte une dimension non économique. Cette mesure constitue l'objet même de l'évaluation. Nous distinguons l'évaluation de la mesure de performances techniques et

fonctionnelles des systèmes au sens où celles-ci peuvent être spécifiées dans des cahiers des charges. Pour autant, ces notions d'évaluation et de mesure de performance sont bien évidemment liées.

La nécessité de l'évaluation des technologies au sein du système de santé ainsi que pour l'aide à l'autonomie s'impose dans la mesure où leur introduction résulte de phénomènes divers :

- évolutions sociétales,
- comportements mimétiques des décideurs de la santé visant à reproduire des solutions mises en place dans d'autres secteurs,
- curiosité des praticiens à la recherche de nouvelles pratiques plus efficaces,
- volonté des offreurs de développer de nouveaux marchés,
- inclusion de ces technologies au sein de bouquets de services à la personne, aux finalités diverses, et qui ne disposent pas à ce jour de cadre d'évaluation intégré.

Ces mobiles sont rarement complètement explicités ni rationalisés. En même temps, la perception des besoins à satisfaire s'amplifie alors même que le financement du système de santé dans son ensemble est de plus en plus problématique.

Il s'agit donc de canaliser et d'organiser ces forces, tout en vérifiant que les acteurs individuels sont aussi les bénéficiaires, à des degrés divers, de cette mobilisation des technologies.

L'évaluation postule donc qu'il n'y a pas de déterminisme technologique, et que l'emploi des technologies doit au contraire résulter de choix éclairés par des analyses explicites. La technologie n'est que la réponse technique à une question d'augmentation de service rendu incluant bien d'autres éléments reposant sur les réseaux d'acteurs.

Il n'existe pas, à notre connaissance, au plan international, de méthode d'évaluation intégrée satisfaisante. C'est en tout cas l'opinion des experts que nous avons rencontrés sur le sujet, mais aussi celle des grands offreurs internationaux comme INTEL ou IBM. L'existence d'une dimension non économique dans l'évaluation des TIC pour la santé renvoie à plusieurs caractéristiques particulières de ce secteur, comme l'impossibilité de valoriser de façon universellement acceptée la vie humaine, l'impossibilité de prédire de façon certaine ou même hautement probable l'effet de nombreuses actions visant la santé, la variabilité des situations individuelles de santé, la difficulté qui en résulte d'articuler la performance locale et située d'un acte et l'efficacité générique de pratiques protocolisées.

L'évaluation, conçue comme un outil d'aide à la décision d'investissement, mais aussi d'appréciation qualitative de systèmes techniques de coûts et de performances comparables, reste à construire, et constitue en soi un domaine de recherche. L'évaluation clinique est centrale, mais reste souvent un idéal difficile à atteindre (difficulté à expérimenter des solutions sur des cohortes suffisamment homogènes et numériquement importantes, eu égard aux investissements à réaliser ; difficulté à hiérarchiser les critères de qualité qui varient sensiblement d'un individu à l'autre). Son analyse sort du cadre de ce travail, si ce n'est qu'il appartient aux maîtrises d'ouvrage des systèmes d'information de fournir aux évaluateurs cliniciens, aux ergothérapeutes et autres praticiens impliqués les données nécessaires à leur travail. Mais de nombreux autres domaines scientifiques sont mobilisables pour réaliser une évaluation complète : les sciences de gestion, les sciences économiques, la sociologie, l'anthropologie, l'histoire (pour recueillir les traces de l'expérience nécessaires à l'évaluation ex post) mais aussi la psychologie, l'ergonomie (acceptabilité des solutions au plan individuel, familial, sociétal), sans oublier le droit et l'éthique (le bien agir et la protection des intérêts individuels et collectifs).

Ces domaines non technologiques seront structurés et illustrés dans la catégorie suivante (paragraphe B).

Le concept de centre de ressources, au service de l'évaluation

Ce concept est nouveau et porteur : il constitue un élément de réponse au recentrage de l'offre sur le vrai besoin.

Ce concept vise la coopération en amont de chercheurs, d'industriels, de praticiens, de futurs utilisateurs, ainsi que la collecte et la dissémination de connaissances autour de nouveaux produits et de nouveaux usages. Les centres de ressources sont considérés par les chercheurs, les industriels, et de nombreuses associations d'utilisateurs comme des leviers d'innovation, au service des utilisateurs finaux et par ce fait, des entreprises.

Des centres de ressources « de référence » spécialisés ont déjà été mis en place dans des domaines différents, permettant un retour d'expérience solide

Les domaines concernés sont aujourd'hui principalement ceux des aides techniques destinées aux personnes handicapées. La CNSA fédère les centres de référence dans ce domaine. Ces centres ont une vocation nationale, et sont par ailleurs en relation avec des centres équivalents ailleurs en Europe. Cinq centres sont initialement prévus, dont l'un est aujourd'hui opérationnel, sur le thème de la **mobilité**, les trois autres faisant l'objet d'une procédure de consultation, sur les sujets suivants :

- Stimulation cognitive
- Habitat et logement
- Interfaces de fonctionnement TIC (déficiences sensorielles)
- Robotique.

Cette liste doit s'enrichir du thème des **TIC pour personnes âgées en perte d'autonomie**, du fait de l'aboutissement d'une d'initiatives régionales, comme celle conduite par l'Université de Technologie de Troyes, suivie par le Ministère de la Recherche et la CNSA, et de l'appel à candidature national du Ministère de l'Industrie concernant un « centre de référence » pour l'autonomie à domicile.

Un autre centre d'ambition nationale existe en dehors du champ de la Solidarité. Il se réfère à **l'usage des systèmes d'information de santé**, et est situé en Franche Comté. La restructuration et regroupement en agences des Groupements traitant des SI de santé autour du Ministère de la santé (GMSIH, GIP DMP, GIP CPS, notamment) ne permet pas à ce jour de disposer d'une visibilité sur le rayonnement ultérieur de ce centre.

Il conviendrait enfin d'assurer l'organisation de retours d'expérience pour permettre une mutualisation et une dissémination des acquis (terme qu'emploie la Commission Européenne pour résumer toutes les actions de communication sur des résultats acquis).

B. Sciences humaines, économiques et de gestion / Compréhension de la relation patient - personnel médical – systèmes techniques.

Acceptabilité psychologique et sociologique des aides aux patients à domicile

Acceptabilité des nouvelles applications et des nombreux dispositifs par les praticiens et les aidants.

Médiation par les outils

TIC et action coopérative

Interaction processus prescrits – processus réels

Economie des TIC de santé

Ergonomie

Ethique

Droit de la personne

Même s'il ne s'agit pas de technologie, la recherche en sciences humaines et en sciences de gestion a depuis plusieurs années, au plan national comme international, occupé une position privilégiée dans les travaux préparatoires et exploratoires des transformations qui se mettent en place autour de l'introduction des technologies dans les organisations.

Plusieurs projets de recherche européens du domaine « e-Health » et « e-Inclusion » intègrent cette dimension. Ceci est vrai également en France (certains projets de l'ANR TecSan, mais aussi des laboratoires spécialisés trop peu nombreux, comme le laboratoire d'ergonomie de Lille, ou encore des coopérations institutionnelles, comme celle mise en place entre Telecom Bretagne et les universités bretonnes, au sein du groupement d'intérêt scientifique M@rsouin, par exemple).

Les sciences de gestion, spécifiquement, ont comme projet de recherche fondamental de développer une vision critique et inventive de l'action collective. Cette vision comporte historiquement deux facettes :

- celle de l'organisation, comprise au départ comme structure, groupe humain constitué et finalisé, concept étendu ensuite au processus même de coopération entre acteurs humains, avec l'introduction notamment du concept de « communautés de pratique ».
- celle des outils, dans une conception de la gestion comme une ingénierie. Parmi les outils, les systèmes d'information ont progressivement pris une place de choix.

Même si les orientations actuelles de ces sciences, les plus jeunes des sciences sociales, tendent aujourd'hui à réconcilier et unifier ces points de vue, nous les distinguerons dans ce qui suit pour la clarté des illustrations en santé. Nous mentionnerons au passage les emprunts effectués par les gestionnaires à d'autres sciences humaines, car ces emprunts sont nombreux et constitutifs de ce domaine scientifique.

Les sciences économiques sont traitées dans un paragraphe particulier.

B.1. Gestion : Coopérations et action collective

La recherche en sciences de gestion s'est penchée sur la question des changements des pratiques médicales et médico-sociales dans leur dimension socio-culturelle. Ceci renvoie en particulier à la nécessité accrue de mise en commun des informations sur le patient : entre services d'un même hôpital ou d'hôpitaux différents ; entre l'hôpital et le médecin de ville : entre le praticien et un patient ou une personne fragilisée ou handicapée, mieux (ou en tout cas plus) informé(e), plus au courant de ses droits et prêt(e) à les faire valoir. Ces évolutions passent par une confiance accrue entre ceux qui doivent ainsi coopérer et une redéfinition des rôles de chacun. Dans le même temps, la reconnaissance et la prise en compte de l'aléa thérapeutique et de l'erreur médicale, de son importance et des enjeux associés sont nécessaires.

Cette question du partage de responsabilité entre les acteurs s'étend au fournisseur du système technique et/ou du service, et des traces qui permettront d'établir cette responsabilité (traçabilité). Ces thèmes semblent nécessiter tout particulièrement un travail d'approfondissement. Nous reprenons ci-après certains types de coopération

Coopération patient/personne assistée – professionnels de santé/sociaux

Education thérapeutique

Education sanitaire

Hygiène, diététique

L'éducation thérapeutique et l'information médicale due au patient ou à la personne aidée, qui est une composante des missions des médecins et des soignants, relève de la précédente analyse. L'éducation thérapeutique comporte deux composantes : l'une qui relève de

l'information et de la formation du patient, l'autre qui est individuelles et fait partie intégrante de la consultation médicale. Les TIC peuvent utilement aider à une diffusion rapide et à grande échelle des connaissances nouvelles concernant une maladie particulière. Elles permettent en effet de diffuser sous contrôle des connaissances utiles au patient, qu'il y accède directement (site d'information, assorti parfois d'outils sémantiques d'analyse et d'interprétation des questions et de recherche statistique) ou par l'entremise d'un praticien (soignant, médecin...). Dans ce deuxième cas, l'existence de voies de retour (mail, voie associée au canal de télévision) permet au patient individuel d'approfondir sa connaissance à propos de son propre cas, sous la responsabilité du médecin traitant. Ce dernier peut choisir le moment et le mode de réponse, en fonction de la situation, en se rendant pleinement disponible pour cette réponse.

La difficulté du contrôle de la valeur scientifique de l'information diffusée, de l'indépendance de cette information par rapport aux enjeux économiques et industriels des grands acteurs privés du secteur n'a pas aujourd'hui de réponse satisfaisante. Parmi les rares exceptions, on citera une borne interactive en français et anglais, commercialisée depuis très peu de temps auprès des pharmaciens, et qui permet une telle autoformation par un questionnement basé sur ce type de technologie³. Des programmes pédagogiques vidéo, interactifs éventuellement, des logiciels d'interrogation en langage courant sont également disponibles. Mais globalement, le pays manque de sites où l'information serait contrôlée, qualifiée, rigoureuse et indépendante, et non au service d'acteurs économiques.

La recherche anthropologique en santé publique a également beaucoup travaillé sur la relation et l'interaction professionnels de santé et patient ou individu assisté. Cet éclairage est particulièrement pertinent dans ce domaine.

La diffusion auprès du grand public d'appareils bon marché, même si leur pertinence médicale est contestée parfois, conduit à un apprentissage de ce type d'outil par le patient et potentiellement un changement d'attitude de celui-ci. Il faut aussi compter avec le risque d'usages pervers, qui doit être pris en compte dans une dimension éthique.

Bien vivre et logistique

L'aspiration commune des pouvoirs publics – pour des raisons budgétaires – et des citoyens – pour des raisons de confort – de limiter les journées d'hospitalisation conduit à penser différemment les questions de gestion opérationnelle des activités de santé, notamment des soins et de la téléassistance. En effet, les patients atteints de pathologies lourdes, les personnes fragilisées, disposeront à leur domicile à la fois de services et de prestataires humains, mais aussi de systèmes techniques pour leur venir en aide.

Les systèmes techniques devront être maintenus, ce qui suppose des moyens logistiques et technologiques, mais aussi une organisation et une gestion adaptées. Mais les services à la personne, eux aussi, nécessiteront des moyens organisationnels et technologiques : élaboration de menus diététiques, gestion des repas, coordination et suivi des interventions à domicile, etc.⁴

³ Interrogation en langage de tous les jours, interprétée grâce à des outils sémantiques et statistiques.

⁴ On pourra se référer notamment à l'initiative européenne i2010 (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/fr/com/2007/com2007_0332fr01.pdf.) « Bien vieillir dans la société de l'information » et à la proposition COM (2007) du 18 juin de la commission européenne.

Coopération experte et assistance médicale des professionnels de santé

Certaines applications facilitent la coopération et l'assistance experte, au travers de l'utilisation d'un ou plusieurs outils de communication : téléphone, fax, messagerie, télévision, vidéoconférence, streaming... Ceci peut concerner par exemple : une infirmière coordinatrice dans les réseaux de soins ; un professionnel de santé dans la recherche d'information pour des particuliers ; un praticien demandant une assistance en ligne à la prescription – concept de Prescription connectée (en anglais : Computer Prescription Order Entry – C.P.O.E) ; un expert dans une formation professionnelle à distance un médecin coordinateur d'un réseau de coordination gérontologique... Dans le cas d'un passage de relais (d'un site à un autre, d'un serveur à un interlocuteur humain), les exigences de fiabilité, d'efficacité des transferts d'appels, le passage d'un média à un autre doivent être réglés. Le cas du télémonitoring chirurgical, a fortiori de la télé-chirurgie couplant un robot et un réseau à haut débit, se heurte encore à des difficultés technologiques : temps de traitement et transmission des informations.

La coopération d'expertise se développe rapidement du fait d'une part d'une spécialisation et d'une approche pluridisciplinaire de la médecine et d'autre part du vieillissement de la population. En effet, les personnes âgées sont plus fréquemment affectées de pathologies multiples, et nécessitent alors l'intervention de divers professionnels, notamment quand elles souhaitent demeurer chez elles. Cette évolution s'accompagne d'une diminution du nombre de soignants, inégalement répartis sur le territoire et de façon inadéquat. L'aménagement des territoires de santé nécessite d'envisager la mise en réseau de ces expertises et évaluer corrélativement les besoins en matière de télédiagnostic (téléradiologie, par exemple).

Un point important de cette coopération concerne l'accès partagé à des données d'un patient. C'est l'ambition du DMP, mais aussi d'autres dossiers partagés, comme le Dossier Cancer Communicant (D.C.C) ou le Dossier Pharmaceutique (D.P.). Mais sans attendre l'échéance de sa mise en œuvre, plusieurs dossiers d'hôpitaux ont été ouverts à la ville, mettant en évidence les obstacles pratiques à cette coopération, touchant à la fois aux questions d'interopérabilité technique, sémantique, mais aussi aux problématiques culturelles de rapprochement et de reconnaissance des différentes pratiques professionnelles (communautés de pratique, réseaux de pratique).

Souvent appelée « partage » par les professionnels de données, les échanges directs entre acteurs de santé mobilisent également les TIC. Le téléphone, la messagerie interpersonnelle - en principe sécurisée - structurée ou non au travers des systèmes utilisés par le praticien réalisent concurremment ce partage de données. Les difficultés dans la réalisation de tels échanges sont le financement des solutions des systèmes, leur cohérence, la définition claire des responsabilités associées à leurs usages, et enfin, la compréhension par les partenaires du sens de ce qui est échangé.

Les notions d'ontologie et de Web sémantique en appellent précisément à la nécessité de disposer, pour soutenir les échanges entre les acteurs humains concernés, d'un certain nombre de conventions de langage et de symboles issus essentiellement de l'univers professionnel. Ces conventions doivent leur permettre de se comprendre de façon sûre, en évitant les ambiguïtés et les erreurs dues à des particularismes locaux ou associés à des pratiques professionnelles différentes (interopérabilité sémantique).

Coopération en recherche médicale

Dans le domaine de la recherche médicale ou pharmaceutique, il s'agit de soutenir la coopération entre acteurs experts des différents domaines de recherche concernés, faciliter les interactions entre les disciplines, favoriser les programmes transverses intégrant l'ensemble des compétences nécessaires pour une recherche efficace dans ce domaine de la télésanté (Cf. § précédent) et d'extraire les résultats statistiques d'observations de masse.

L'informatique peut ainsi accélérer l'obtention de résultats par des systèmes de communication de groupes fermés constitués des chercheurs, des praticiens impliqués dans le protocole de recherche, voire des patients eux-mêmes. Ces outils facilitent également la codification, la collecte et l'analyse des données. Le recueil et l'analyse en masse de données descriptives des personnes, de leur état de santé et de son évolution, de leur comportement, sont également un sujet d'étude, au carrefour de la biologie, de la médecine, des TIC et des sciences humaines.

Articulation : pratique locale et pilotage de la santé

Interopérabilité sémantique

Nommage des concepts médicaux

Références sémantiques

Ces sujets font encore l'objet de travaux de recherche, en particulier dans le domaine de la santé. Ils conditionnent cependant le partage d'information à grande échelle. Mais il est important de noter que deux logiques doivent être articulées à ce niveau :

Celle de la constitution incrémentale de dictionnaires locaux, progressivement enrichis localement selon la demande des praticiens et en lien avec leurs pratiques spécifiques ;

Celle de la constitution de référentiels centraux, voire mondiaux (le système américain de nommage des informations médicales SNOMED, celui de la codification internationale des fonctions et activités humaines CIF sont des exemples en cours de diffusion dans la communauté médicale internationale), appelés à devenir des normes, les approches locales faisant figure de déclinaisons ou de dérivation du modèle princeps. L'intérêt essentiel des codifications nationales et internationales est de permettre les consolidations d'informations émanant de diverses sources. Les difficultés principales de l'exercice concernent : la précision des données de référence, l'exhaustivité du champ couvert, l'actualisation de la codification en fonction de l'évolution des connaissances.

L'utilisation des données ainsi codées au niveau des pratiques locales peuvent constituer un plus (pré-orientation, aide à la décision). Mais elle soulève, au même titre que la protocolisation des processus de soins, des questions mal résolues quant à la pertinence clinique de ces informations (risque pris et judiciarisation) et à leur inadéquation vis-à-vis de certains types de recherches (recherche de caractéristiques fines de pathologies nouvellement identifiées, par exemple).

Plus précisément, il existe une dualité dans les questions de terminologie : d'un côté, le nommage des substances (DCI), de technologies, renvoyant à des objets issus des sciences dures (physique, chimie) et de l'autre, la désignation des phénomènes situés, caractérisant l'état d'un être humain. Si l'élaboration de nomenclatures internationales universelles pose des questions pour la deuxième catégorie, du fait de différences culturelles et de pratique clinique, l'intérêt de telles codifications pour les objets concrets contribuant aux soins est à souligner.

Mentionnons enfin que les moteurs de recherche, intégrant des fonctions d'indexation (Cf. partie B.2.) renvoient non seulement à la dimension sémantique, mais également à des choix de représentation du monde dont la portée est culturelle et sociétale. Ils devraient faire l'objet d'une vigilance particulière de la part de la Puissance Publique⁵

⁵ On se souviendra de la polémique engendrée par la tentative de promouvoir en France une codification des déviations psychologiques chez le jeune enfant (Connue sous le sigle « Pas de zéro de conduite avant trois

B.2. Gestion : la médiation par les outils

- **Usage d'outils de gestion pour la surveillance sanitaire et le pilotage de la santé**

Les intentions des pouvoirs publics d'assurer une gouvernance du système de santé différente, liant plus directement les différents domaines de la santé : de la recherche aux soins, y compris HAD, en passant par la prévention et le suivi individuel, pose la question des outils pour le faire, des compétences pertinentes, et des informations de pilotage à mettre en place. Cette exigence est d'autant plus élevée que ces orientations s'accompagnent d'une volonté de territorialiser les mesures de santé publique autour de territoires de santé, dont on devra prendre en compte les spécificités épidémiologiques. L'importance de ce thème est renforcée du fait des mesures organisationnelles prévues à court terme, visant à renforcer la coordination au plan régional entre les responsables de la répartition des fonds qui financent ces diverses activités, et les responsables opérationnels qui les assurent. Disposer d'outils d'analyse et de synthèse pour fonder l'action collective devient donc une nécessité.

- **Usage des outils techniques**

Le thème de l'interaction « homme-machine » (en réalité, on devrait dire : personne-système) est souvent présenté comme relevant de préoccupations applicatives et techniques. En réalité la question est plus complexe et mobilise de nombreux champs scientifiques en gestion et sciences humaines. Les comportements humains se transforment lorsqu'ils sont médiés par des outils, notamment lorsque ceux-ci supportent l'action en temps réel : réalité augmentée au service du chirurgien, e-services d'accompagnement d'actes à distance, téléassistance, communication sociale, par exemple. Ce processus est complexe, et renvoie à une transformation des systèmes de représentation, individuels et collectifs. Ceci concerne également les divers systèmes ou interfaces proposés aux patients comme pour les professionnels, même si les premiers, à la fois objets et sujets de ces interactions, portent des enjeux existentiels, tandis que les seconds portent une responsabilité professionnelle, éthique et juridique, qui leur est propre et encadre leurs usages.

Ainsi, les professionnels de santé sont amenés à instrumenter leur action (réalité augmentée au service du chirurgien, e-services d'accompagnement d'actes à distance, téléassistance, communication sociale, par exemple). De leur côté, que les personnes fragiles ou en situation de handicap se voient proposer divers systèmes ou interfaces, y compris au niveau des aides techniques palliatives, d'assistance ou de rééducation. Se pose également la question de l'acceptabilité par la personne de l'interaction proposée, que cette personne soit fragile, malade, ou bien portante mais réticente à l'emploi de technologie. Au-delà des différences éthiques rappelées plus haut, le rejet de la réalité augmentée par un chirurgien rencontrant une difficulté imprévue n'est à cet égard pas si éloigné du rejet d'un système de messagerie par une personne âgée – même si la complexité des systèmes et les ressources cognitives mobilisées diffèrent de plusieurs ordres de grandeur. Ces situations relèvent l'une et l'autre de problématiques de surcharge cognitive ou sensorielle, abordées par les ergonomes et les psychologues, et que certains choix techniques peuvent contribuer à résoudre (Cf. § C.4.).

Les questions de palliation, de compensation, d'appropriation, d'acceptabilité, d'ergonomie, sont étroitement imbriquées en pratique, d'autant que la tendance est la recherche d'une exploitation maximale des capacités de la personne, même très handicapée ou fragilisée, de préférence à une substitution pure et simple de fonctions humaine par une machine (exemple :

ans »). Les opposants ont fait valoir le risque que ces catégories soient utilisées comme des déterminants de comportements délinquants ultérieurs, avec les conséquences que l'on imagine sur le regard porté sur ces jeunes par les éducateurs, la famille, etc.

le fauteuil roulant qui se déplace selon un itinéraire calculé automatiquement n'est pas accepté ; de la même façon, les systèmes de décision « automatique » sont le plus souvent délaissés). Cette évolution se justifie en terme de maintien, et bien souvent de développement à nouveau, des capacités résiduelles de la personne et d'acceptabilité d'une dépendance à un système technique, dans le ressenti comme dans la responsabilité quant aux conséquences de cet automatisme. Cet aspect ramène systématiquement à construire les outils d'interaction en prenant comme point central l'utilisateur lui-même, quelque soit son niveau de dépendance au système, de l'assistance de confort à la prise en charge technique de pathologies lourdes.

- **Interactions systémiques**

Une autre question scientifique générique est à soulever à ce niveau : l'être humain peut être vu comme un système complexe, au-delà de ce que les systèmes techniques les plus évolués peuvent représenter. Les interactions des systèmes constitués par l'homme et un système technique fortement couplés présentent à ce jour des problèmes de représentation et de prévisibilité qui ne sont pas résolus.

Cette question concerne aussi bien les problèmes de prévisibilité de comportement de l'humain ainsi équipé que la représentation que se fait le patient lui-même. Un autre aspect concerne les processus d'acquisition expérimentale non conscients.

La problématique évoquée ici est distincte de celle, également complexe, de l'interaction élémentaire elle-même, entre un composant technologique et un tissu humain : cette dernière question est abordée au § G.

B.3. Ethique, droit

Par ailleurs, les décisions d'acquisition et d'emploi des solutions techniques, qui relèvent bien souvent de prescription par des tiers, renvoient à la question éthique de savoir si ces prescriptions s'imposent aux malades ou aux personnes fragilisées, et selon quels critères.

De nombreuses questions demeurent dans ce domaine : la question du « consentement éclairé » pour des personnes souffrant de troubles cognitifs ou psychiques, par exemple ; ou encore la question de l'agrément donné aux professionnels de santé et à l'équipe de soins pour accéder aux données personnelles de santé de la personne (le cercle de confiance) ; liée à ces questions, celle du rôle dévolu à l'aidant ou au responsable légal dans ce contexte, celle du périmètre pratiquement difficile à délimiter du cercle de confiance intervenants autour du patient...

Plus globalement, l'introduction des technologies pose enfin différentes questions de droit autour de l'utilisation fréquente de données personnelles, notamment de santé, de leur partage, entre systèmes et entre professionnels. De plus, ces communications s'assortissent de nouvelles pratiques professionnelles individuelles et collectives, qu'il s'agit aussi d'encadrer juridiquement.

B.4. Economie et marché de l'informatique de santé

Modèles économiques

Chaîne de valeur

Système de production de soins

Tarifification à l'activité

Comme toute activité économique contemporaine, la production de soins suppose des systèmes d'information extrêmement développés. Le soin produit de l'information, avant,

pendant et après le soin. La difficulté de qualifier et de caractériser ces informations est qu'elles sont produites, transmises, utilisées par une pléiade de prestataires de soins et par le patient et son environnement, personnel et économique (employeur, assureur, fournisseur etc.). De plus, tout élément du système de production de soins, que ce soit l'établissement, le personnel de santé et bien sûr le patient et son environnement, nécessitent eux-mêmes, indépendamment de la production de soins, des systèmes d'information qui assurent la continuité de l'exercice de leur activité ou de leur intégrité. La question posée à l'économiste est double : quelle information est requise pour le pilotage économique de la production de soins, et plus globalement, pour une gestion optimale du capital santé individuel et collectif ? Comment caractériser et réaliser concrètement la valeur de ces systèmes pour qu'ils deviennent eux-mêmes économiquement viables ? La difficulté résultant de la diversité des acteurs rappelée plus haut, s'ajoute à l'impossibilité intrinsèque de donner une valeur économique à certaines informations, comme cela a été exposé au paragraphe A à propos de l'évaluation.

Modèle économique et chaîne de valeur

Filières

Systèmes de gestion de production

Acteurs économiques

On peut caractériser les systèmes de production de façon générale à travers trois macro-systèmes d'information selon la nature de leur activité : nous qualifions le premier d'entre eux de système de filière, le second de système concourant, le troisième de système d'infrastructure.

La filière est le mode de production le plus traditionnel dans lequel un processus linéaire de production prend place qui s'avère être principalement un processus de transformation. On part de matières premières que l'on transforme peu à peu pour aboutir à des produits finis à travers une chaîne de production linéarisée où les stades de production se succèdent de façon séquentielle : les systèmes d'information requis sont des systèmes de descente et de remontée de chaîne où chaque stade alimente et est alimenté par les stades amont et aval de la chaîne considérée. La plupart des filières de production industrielle classiques relèvent de ce schéma, par exemple la production de médicaments. La chaîne de valeur qui résulte de cette structure d'activité est relativement simple, chaque "stade" de production achetant des biens intermédiaires au stade amont et à son environnement et revendant sa production au stade aval.

La production concourante (ou ingénierie simultanée) est un mode que l'on pourrait qualifier de radial: tous les stades de production contribuent de façon simultanée ou quasi-simultanée (de façon concourante) à la production en question. Des prestataires, parfois en nombre très important interviennent dans la production de biens et de services de façon imbriquée et fréquemment non industrielle, c'est-à-dire que chaque production est en quelque sorte unique et non reproductible: c'est le cas de l'industrie du bâtiment, de celle des grands projets d'infrastructure (réseau ferré, centrale nucléaire, porte-avion, projet de gros avions etc.), mais c'est aussi le cas de la production sociale telle que l'éducation ou la santé. L'élève ou le patient nécessitent un ensemble de prestataires "concourants" qui vont participer à son éducation ou à ses soins et qui vont devoir intervenir selon des protocoles plus ou moins formalisés, en tout cas très dépendants de la personne concernée ou d'une classe de personnes.

Les systèmes d'infrastructure, non leur construction, mais leur exploitation, supposent un troisième type de mode de production : le producteur dispose d'une capacité qu'il doit remplir, fréquemment un réseau, mais aussi une infrastructure culturelle (musée, cinéma...) ou une infrastructure éducative ou sanitaire. Ajuster une capacité à une demande, qui subit des fluctuations plus ou moins importantes, est un métier en soi qui suppose des systèmes

d'information de disponibilité, d'affectation et de suivi des capacités assez particuliers et des compétences de haut niveau en logistique interne et externe.

Le monde productif contemporain, relativement complexe, mêle ces trois systèmes de production et de gestion de la production assez fréquemment. Quand on considère le système de santé de façon générale, on retrouvera aisément des systèmes en filières (approvisionnement en matériels et produits de soins, notamment les médicaments), des systèmes concourants (la production de soins stricto-sensu) et des systèmes d'infrastructure (la gestion des établissements de soins par exemple, mais aussi les systèmes de transport spécifiques etc.).

Or, chaque système d'information dans ces trois types de systèmes de production a ses caractéristiques propres. Un système en filière doit savoir cataloguer les produits tout au long de la filière et savoir les tracer, savoir également faire remonter le long de la filière les attentes avalées; un système concourant nécessite un partage d'informations sur lesquelles les différents intervenants doivent pouvoir laisser trace de leurs actions, pour avertir les autres intervenants de l'état du "chantier", prévenir des précautions à prendre, avertir des dangers etc. Un système d'infrastructure requiert un système d'information structurée sur la capacité offerte, son occupation, sa disponibilité etc.

En d'autres termes, chaque système est construit sur des "unités" d'information qui sont radicalement différentes, le produit dans le premier cas, le "sujet" (chantier, projet, élève, patient...) dans le second cas, la capacité dans le troisième cas. Quand un système complexe mêle ces trois dimensions, on conçoit la difficulté de trouver les bonnes interfaces, chaque gestionnaire souhaitant évidemment privilégier l'unité majeure dont il a la charge.

Les chaînes de valeur, c'est-à-dire l'organisation des activités entre elles (qui paye quoi à qui), résultent des configurations qui sont issues des combinaisons possibles d'activités en fonction des contraintes de toute nature qui pèsent sur chacune d'entre elles. Chaque activité dans cet ensemble se structure alors autour d'un modèle d'affaires qui traduit la viabilité de l'exercice de son activité. Il faut distinguer l'acteur économique, qui en général exploite plusieurs activités "élémentaires", des activités elles-mêmes dont la consistance en général résulte du système technique de production de cette activité : une activité évolue avec son système technique de production. L'intégration de systèmes techniques peut avoir comme conséquence des regroupements d'acteurs. Il est dès lors naturel de penser que le progrès technique des métiers médicaux et de leur accompagnement (notamment par les systèmes d'information) conduit à restructurer périodiquement, comme dans n'importe quel secteur d'activité, les conditions de son exercice et donc de sa configuration. Cela mène aussi à une révision de la formation des acteurs, de façon ponctuelle en formation continue et de façon structurée en formation initiale. Ainsi, le monde hospitalier rassemble-t-il en un même lieu des professionnels de santé représentant un potentiel important en nombre et en compétences, dotés de dispositifs techniques lourds et coûteux, justifiant cette concentration. Le patient a vocation à être hospitalisé dès lors que la complexité ou l'intensité des soins requis dépasse un certain seuil. Mais les services d'urgence accueillent aussi des personnes pour lesquelles la nécessité de recourir à de telles ressources est ressentie, sans que ceci soit avéré par la suite. Il faut noter aussi que le système de santé qui requiert une adaptation permanente aux patients est relativement atomisé en ce sens que les acteurs exercent fréquemment un type unique d'activité, une spécialité. C'est notamment une des caractéristiques du système libéral en vigueur.

Limites d'une évaluation économique basée exclusivement sur l'activité

Théorie économique de l'agence
Contrats

Mesure de réalisation des objectifs Equilibre économique

La question de l'équilibre économique des établissements de santé a conduit les responsables de la santé à introduire des éléments d'identification et de valorisation des activités, avec la mise en place de la tarification à l'activité (T2A). On notera à ce niveau le lien étroit qui existe entre ce besoin de nommer des éléments de gestion et la nécessité pour les praticiens de codifier ce qu'ils font, d'une façon qui ait du sens pour eux – et pas seulement les actes.

L'évolution rapide des connaissances médicales rend cette question particulièrement difficile. En pratique, des approximations sont faites, qui conduisent à regrouper dans des codes de gestion des informations dont le regroupement n'a éventuellement aucun sens pour le médecin, mais qu'il est raisonnable de traiter de la même façon pour le gestionnaire. La question d'une codification plus précise permettant une évaluation des activités médicales rencontre par ailleurs des réticences de la part de nombreux professionnels.

Alors que les pratiques gestionnaires associées à la T2A ne sont pas encore stabilisées, des questions émergent pour savoir si cette façon de procéder permet de cerner convenablement la valeur des prestations attendues de la santé, alors même que la médecine évolue vers une logique où le suivi thérapeutique prend de l'importance, et où les modalités de ce suivi sont susceptibles de prendre des formes nouvelles, grâce aux technologies et du fait de l'évolution démographique. Des questions se posent, de façon plus globale, pour les tâches ne relevant pas directement de la production de soins, ce qui est notamment le cas de la recherche clinique, mais aussi de l'enseignement, de la prévention, du suivi individuel. Concernant la télésanté, il s'agit notamment de savoir si celle-ci doit être valorisée par la codification d'actes nouveaux, ou par d'autres dispositions intégrant mieux les différentes facettes des missions des professionnels de santé. Ceci est particulièrement sensible dans le cadre de l'HAD, et plus généralement de l'aide à l'autonomie. Il a déjà été évoqué le nouveau partage des responsabilités. Il faut aujourd'hui aller plus loin et parler de nouveaux métiers.

La capacité de reconnaître la valeur – et donc de financer – ce type d'activité suppose en tout état de cause la disponibilité d'informations, tant au niveau des ressources consommées que des résultats obtenus. Par ailleurs, la reconnaissance d'une activité informationnelle, de développement et d'exploitation des connaissances, de la valeur associée, est une condition nécessaire pour que les systèmes d'information qui supportent ces activités correspondent à un marché solvable, et que par ailleurs ces outils transforment le modèle économique de la santé, vers une viabilité aujourd'hui en péril.

Dans le cas de praticiens en situation d'intervention conjointe autour d'un même patient, la question de leur rémunération se pose. Ceci vaut en particulier si l'un ou plusieurs d'entre eux interviennent à distance. En effet, notre système de rémunération est basé sur des actes médicaux réalisés au contact du patient.

Valorisation des projets technologiques au service de la santé (Télésanté)

Plan d'affaire
Rentabilité
ROI

Dans les dossiers de présentation de projets du domaine de la santé destinés à justifier d'un financement public, la question de l'évaluation clinique est centrale, celle de la valeur des technologies est secondaire. Les technologies constituent un poste de coût globalisé, faible du reste par rapport au budget global. Le devenir de ces investissements, les services offerts à partir des systèmes techniques ne sont pas décrits dans ces dossiers. Les efforts sensibles

réalisés au niveau de la recherche dans ce domaine sont freinés par une mobilisation insuffisante des bonnes compétences (SHS, économie, gestion) pour répondre à la question.

Il conviendrait de réfléchir à un objectif inverse : les populations servies seraient identifiées, mais de façon simplifiée, uniquement en fonction de leur relation d'usage avec le système technique. En revanche, ces relations sont à spécifier selon le service offert, lequel doit faire l'objet d'une décomposition (simple au départ mais qui pourra être affinée au besoin). Les postes de coût sont aussi repérés de façon fine, selon l'usage qu'en font les différentes catégories d'utilisateurs. Mais ces postes restent génériques, et ne préjugent ni des choix technologiques, ni de la pathologie prise en charge.

Cette façon de procéder devrait permettre à la fois de comparer les structures de coûts de divers services de télésanté, y compris s'ils sont utilisés pour des applications différentes, mais aussi d'identifier des postes lourds qu'il y aurait intérêt à mutualiser dans une économie globale. Enfin, il est proposé de travailler d'emblée sur des hypothèses de création de valeur (intérêt pour les différentes catégories de bénéficiaires, coûts évités...) en considérant que les acquis issus de pratiques antérieures sur le terrain permettent de formuler de telles hypothèses. Selon l'importance des cohortes prises en charge, et les travaux d'évaluation éventuellement conduits jusqu'alors, le développement du service devra être précédé d'une phase pilote plus ou moins lourde, assortie d'un dispositif d'évaluation idéalement basé sur des référentiels incontestables et partagés. Les « centres de ressources » (Cf. paragraphe A.3) ont vocation à jouer ici un rôle majeur.

C. Applications, traitement de données

Ontologie⁶

Web sémantique⁷

Extraction et gestion de connaissances (KDD vs KM)

Systèmes d'aide à la décision, systèmes experts, gestion d'indicateurs

Outils d'analyse statistique

Langages naturels, techniques de dialogue intelligent

Langages ubiquitaires

Moteurs de recherche, systèmes d'indexation de contenu.

Gestion des essais multicentriques

Prédiction/adaptation d'activités

Profilage/analyse d'usages

Rappel de tâches/simulation

Apprentissage, formation, e-learning

Education thérapeutique

Dans le domaine des applications dédiées à la santé, certains champs, comme l'aide à la décision ou la codification des connaissances, font l'objet de recherches spécifiques. Les résultats sont progressivement intégrés dans des logiciels dédiés ou intégrés.

C.1. Applications d'aide à la décision collective

⁶ **Ontologie** : Une ontologie est un accord sur une conceptualisation partagée et éventuellement partielle d'un domaine. Plus précisément, une ontologie est une théorie du contenu sur les sortes d'objets, les propriétés de ces objets et leurs relations possibles dans un domaine spécifié de connaissances [chandrasekaran99]. Elle fournit les termes potentiels pour décrire les connaissances sur ce domaine.

⁷ **Web sémantique** : Le *Web Sémantique* vise à permettre une recherche intelligente sur le web par des ordinateurs et basée sur des définitions universellement compréhensibles. Ce terme désigne un ensemble de technologies visant à rendre le contenu des [ressources](#) du [World Wide Web](#) accessible et utilisable par les programmes et agents logiciels, grâce à un système de [métadonnées](#) formelles.

Pilotage de la santé publique

La contribution des TIC au pilotage du système de santé publique s'entend à la fois en termes de connaissance des données épidémiologiques et de connaissance des activités de soins, notamment au niveau des établissements de santé. Le premier aspect est caractérisé par des données de plus en plus abondantes, du fait de la régionalisation des informations de synthèse et de l'affinement des éléments recueillis pour les différentes pathologies. Concernant les activités, la tarification à l'activité permet progressivement de développer cette connaissance au niveau des établissements, tandis que les feuilles de soin électroniques et la synthèse qui en est faite par l'UNCAM permettent un recueil informatisé de cette information pour les praticiens libéraux. La tendance est, du côté des établissements de santé, d'accroître la couverture des activités prises en compte dans le système et d'accélérer le retour des données vers un niveau centralisé de gestion, pour un pilotage plus réactif.

L'enjeu à ce niveau est une allocation budgétaire fonction des activités réellement effectuées, et une reconfiguration des missions de chaque établissement.

Outils de gestion des crises

Il existe aujourd'hui des logiciels spécialisés qui supportent les fonctionnalités de base indispensables à la gestion des opérations et des crises dans le contexte de la sécurité civile, qui peuvent sans doute trouver une utilisation dans le contexte des crises sanitaires. Les fonctions traitées sont notamment : la gestion des événements ; la gestion de la documentation ; la géo-localisation ; l'accès à un annuaire opérationnel ; l'accès à des procédures d'urgence. De tels dispositifs logiciels sont appelés à soutenir les réseaux de crise sanitaire dans les situations exceptionnelles. Ils doivent permettre l'utilisation efficace de dispositifs médicaux (diagnostic et assistance distants) et d'infrastructure (y compris TIC), ainsi que la coordination avec les établissements hospitaliers. Ces outils reposent sur une exigence absolue d'interopérabilité dans la mesure où ils concourent à un système de systèmes.

C.2. Applications d'aide à la décision individuelle

Des équipements intégrés et portables (valises) permettent à des praticiens envoyés sur place de réaliser des mesures biologiques et de communiquer avec des centres de gestion. Des postes de secours avancés permettent des observations plus complètes sur place, avec transmission des résultats à distance et échange experts. Des défis restent à relever en matière d'intégration technologique permettant la gestion de tous types d'informations (médicale, géographique, images vidéo), avec une excellente disponibilité et un coût raisonnable. La question du décisionnaire reste posée : en effet ce n'est pas nécessairement l'opérateur local qui prend la décision, d'autant qu'il peut ne pas en posséder la compétence⁸.

Les systèmes d'aide à la décision prennent, par exemple, la forme d'une assistance en ligne pour le choix de protocoles de soins, ou l'assistance à la prescription, mais aussi l'exploitation de données ou d'alertes issues de dispositifs de monitoring des patients. Lorsque le patient est mis à contribution, ce qui est le plus souvent le cas, pour des raisons de responsabilisation de ce dernier, cette assistance doit lui épargner un apprentissage informatique, par l'utilisation d'un langage proche du parler courant. Du côté du praticien, la question est surtout l'insertion de l'outil dans son activité pour qu'il rende les services attendus (rédaction de la prescription, contrôle des interactions médicamenteuses, suivi des guides de bonnes pratiques, etc.). Par

⁸ Par ailleurs, comme nous l'avons déjà mentionné, il se pose le problème de la rémunération de ce type d'acte dans un certain nombre de cas de téléexpertise.

ailleurs, l'exploitation de banques de cas, assortis d'images, peut favoriser une décision éclairée. Le futur proche, par la double conjonction des démographies nationale et médicale, contraindra le praticien à gérer davantage de patients. De fait l'exploitation des données en nombre croissant devra être effectuée de façon pragmatique et synthétique. Les systèmes de collecte de données individuelles tendent à devenir de plus en plus riches. Certains projets émergent où l'exploitation de telles données, en particulier physiologiques et comportementales, pourraient, grâce à des analyses (statistiques ou autres) complexes et des algorithmes adaptés, individuelles et interindividuelles, prévenir la dégradation de l'état de santé de personnes bénéficiant de dispositifs de vigilance. De plus en plus les professionnels déclarants demandent un retour d'information sur leurs déclarations pour pouvoir évaluer leur activité. La confidentialité des données est alors en jeu car ils doivent pouvoir accéder aux « forteresses » de données stockées au niveau central.

C.3. Gestion des connaissances médicales

Codification des connaissances, classification, référentiels

L'explosion des connaissances médicales ne permet plus au praticien de se tenir au courant de ce qui est publié. Or les technologies d'indexation, de gestion des textes en langage naturel permettent, au moins en ce qui concerne la littérature professionnelle, de rendre ces textes plus accessibles. Des projets émergent pour favoriser l'accès aux textes scientifiques, ce qui passe aussi dans notre pays par la publication de ces informations en français (Cf. à ce propos l'application CISMéF, Catalogue et Index des Sites Médicaux Francophones, et HON, Health on the Net). Les ontologies médicales se développent, qui permettent une représentation structurée des concepts utilisés dans divers champs de l'exercice de la médecine (description des systèmes vitaux et de leurs composants, des pathologies associées, notamment). Chaque concept doit être associé à des mots l'identifiant, permettant une correspondance entre ontologie et outils terminologiques.

D'autres connaissances sont constituées des protocoles de soins, des conditions de prescription médicamenteuse (y compris les contre-indications et les phénomènes de iatrogénie). Des logiciels existent au niveau des prescriptions médicamenteuses, mais ils restent modérément employés (quelques pourcent des praticiens, 30 % de ceux qui disposent d'un tel logiciel s'en servent). S'il y a trop d'alertes, notamment, comme c'est le cas pour les pharmacies, le service est désactivé par l'utilisateur qui le juge contre-productif.

De même, les conditions d'emploi et les effets scientifiquement observés dans la mise en œuvre de dispositifs médicaux constituent des connaissances utiles. On voit émerger, sur ce dernier point, des bases de données associant précisément description de dispositifs, textes scientifiques de référence, diffusion du dispositif dans le monde médical. Par ailleurs, la Santé publique commence à se préoccuper de l'effet réel des S.I.H. sur l'activité des praticiens et la santé des malades.

Un autre type de codification concerne les actes et produits de santé, pour les besoins du contrôle de gestion. Des outils existent ou sont en cours de développement pour faciliter le codage, éventuellement dans le contexte de codifications multiples, multilingues, et non superposables.

Accès aux connaissances et formation

Nous renvoyons au § dédié spécifiquement à ce sujet pour les technologies d'indexation, de recherche documentaire, de Web sémantique. Mais il convient de noter que la question de l'accès en temps réel à l'information pertinente est une question fondamentale en médecine.

C'est vrai pour le praticien de ville, qui dispose d'une dizaine de minutes pour faire sa prescription, mais demain aussi pour l'urgentiste, pourvu que les outils de stockage, d'accès et de recherche de l'information individuelle, soient disponibles et suffisamment performants. La présentation d'informations synthétiques et compréhensibles, scientifiquement fondées, sélectionnées sur la base d'observations cliniques elles-mêmes non ambiguës, est importante et renvoie à la responsabilité fondamentale du médecin clinicien.

Cette gestion et ce partage des connaissances est de nature à permettre une évolution des tâches dans la chaîne de soins et les missions des acteurs de la santé, autour d'une logique articulante : acquis professionnels, nouvelles connaissances mobilisables issues de la recherche (protocollisée ou non), information clinique.

D'un point de vue scientifique, il faut noter que les techniques d'accès vont dépendre des connaissances et des contraintes qui s'exercent dessus et qu'elles ne sont, à ce jour, pas toutes satisfaisantes. Ainsi nous avons :

- des connaissances nominatives qui sont liées à un patient et donc à un identifiant dans le SIH. Leur prise en compte doit respecter les contraintes de confidentialité qui leur sont attachées en même temps que leur accessibilité partout où cela est nécessaire (DMP) ;
- des connaissances non nominatives comme les guides de bonnes pratiques ou les protocoles de soin qui posent de gros problèmes de formalisation dans le SIH et de suivi par les médecins ;
- des connaissances terminologiques qui posent des problèmes de construction et d'interopérabilité sémantiques.

C.4. Applications de gestion des interactions humaines

Interfaces évoluées

Dans leur dimension technologique, les dispositifs de gestion des interactions humaines peuvent être décomposés de la façon générique suivante : un système sensoriel, qui capte des signaux physiologiques ou physiques spécifiques (son ou voix, image ou mouvement filmé, déplacement ou geste, influx nerveux) ; un dispositif transformant ces observations en signaux électriques puis des processus de traitement de ces signaux en données ; un dispositif de contrôle du dialogue, relié lui-même au système à piloter dont celui étudié constitue l'interface : ordinateur, robot, machine, etc.

La médecine est un, la rééducation, l'ensemble des interventions sur l'humain pour sa santé constituent des domaines d'application des interfaces homme-machine sophistiquées, du fait de la complexité des actes pratiqués. Ceci vaut en particulier en chirurgie (réalité augmentée par exemple permettant à un chirurgien de pratiquer des interventions inaccessibles au savoir-faire humain seul).

Mise en saillance d'informations

Du fait de l'incapacité du cerveau humain à traiter une information surabondante (surcharge cognitive), la question de la sélection des informations pertinentes, en quantité juste nécessaire est essentielle à l'utilisabilité et à l'utilité des systèmes interactifs. La mise en saillance des informations peut de fait revêtir différentes formes : aspect, taille couleur, permanence, mouvement... Un excès de ce type de code peut avoir un effet contre-productif et générer au contraire à leur tour une surcharge perceptive. Les sciences ergonomiques intègrent aujourd'hui cette dimension.

Dispositifs de palliation ou de compensation

Cinq familles de dispositifs peuvent être évoquées, selon le type de signal capté :

- les dispositifs visant des déficiences visuelles,
- les dispositifs visant des déficiences auditives,
- les dispositifs visant les déficiences motrices (avec la sollicitation éventuelle de robots ou de systèmes de commande),
- les dispositifs visant la palliation des déficiences cognitives,
- les dispositifs reliant le cerveau/système nerveux et des calculateurs neuronaux (appelés Interface Cerveau Machine).

Les barrières technologiques à relever sont très variables selon les systèmes sensoriels mobilisés, les capacités motrices et cognitives sollicitées chez les personnes, les systèmes interfacés, objet de l'interaction.

Mais les systèmes de contrôle de dialogue permettent d'aller plus loin, en travaillant sur plusieurs modes simultanément.

Des dispositifs multifonctionnels, en particulier s'ils sont multimodaux, peuvent être rendus paramétrables selon les profils individuels touchant aussi bien aux modes d'interactions qu'aux informations et aux services accessibles. Ce profil peut éventuellement être constitué par analyse statistique des traces laissées au cours d'interactions entre la personne et un ou des dispositifs d'interaction. Ainsi, le profil peut évoluer dans le temps, selon l'évolution de la pathologie de la personne, les incidents dont elle est éventuellement victime, et l'évolution corrélative de ses capacités. Il peut également constituer la base de référence à partir de laquelle pourront être observées des dérogations.

L'utilisation de la multimodalité permet également des redondances, susceptible de fiabiliser le système et de le personnaliser au sens de l'utilisateur.

Le profil peut intégrer également les paramètres préférentiels de la personne.

Interactions visant l'aide à la décision

Lorsque le système de capture de signaux biologiques ou sensoriels alimente un dialogue avec un tiers, les interfaces avec ce dernier combinent des dispositifs de traduction et de redondance, visant la fiabilité de l'information recueillie, mais aussi des bases de connaissances et systèmes experts permettant des recoupements entre divers moteurs d'inférence. Des systèmes de cette nature sont aujourd'hui en préparation pour des interfaces technologiquement simples à maîtriser et fiables.

Systèmes d'interaction banalisés

Lorsque les systèmes sensoriels sont technologiquement bien maîtrisés (microphone, caméra, mesure de mouvement, écrans plats) et que le système interfacé est lui même peu exigeant

(affichage sur un écran, interrupteur...), des systèmes d'interaction grand public peuvent voir le jour. A cet égard, l'industrie du jeu est un vecteur majeur de dynamisme de ces technologies (Cf. le succès du terminal Wii de Nintendo, manettes de retour d'effort) surtout dans le cadre des technologies pour l'autonomie où les objets usuels auront un rôle de plus en plus important à jouer.

D. Systèmes techniques et architectures

D.1. Progiciels de gestion de la production de soins

Nous distinguerons à ce niveau trois catégories de progiciels :
des logiciels pour le directeur de l'hôpital, d'autres pour le praticien.

- Les progiciels à visée prescriptive, qui imposent certains comportements au travers des règles de gestion qu'ils intègrent, et de l'organisation générale des traitements qu'ils supportent. Ces outils interdisent a contrario des opérations jugées indésirables. L'objectif visé est l'amélioration des performances individuelles et collectives des utilisateurs, le plus souvent en référence à des critères d'ordre économique.
- Les systèmes de représentation et d'exploitation de signaux électroniques élaborés à partir du corps humain, au sein desquels l'imagerie médicale occupe une place de choix. Ces systèmes sont nés de la numérisation des données issues des dispositifs médicaux et de leur intégration dans des systèmes d'information, permettant d'associer le contenu des images - ou autres documents tels que les informations d'analyse ou des explorations fonctionnelles de type cardio-respiratoire - avec des données structurées. Il devient possible d'associer à ces documents non seulement des éléments d'identification et de classification, mais également des connaissances (sur les structures physiques ou physiologiques, les mécanismes, les paramètres physiologiques, et diverses corrélations entre ces éléments). On voit apparaître notamment des banques d'images associées à des bases de données (Concept de PACS (Picture Archiving and Communication Systems) Cf. § F.2).
- Les progiciels d'automatisation ou d'assistance à la réalisation des tâches élémentaires, qui ne comportent pas cette dimension prescriptive. Certains sont généraux et ont une portée universelle (tableurs, traitements de texte); d'autres peuvent toutefois être spécifiquement conçus pour le domaine de la santé (certains LGC).

Les produits applicatifs industrialisés existants (Systèmes d'Information Hospitaliers ; Système d'Information de Radiologie ; Système de Gestion de Laboratoire ; Système d'Information d'Unité de Soins ; Dossier Patient; Logiciels de Gestion des Cabinets) relèvent de l'une ou l'autre de ces catégories. Ils ont pénétré le marché depuis quelques années (Parfois plus de dix ou vingt ans, comme en radiologie). De portée administrative et médico-économique uniquement au départ, ils prennent peu à peu en compte la dimension de « production » médicale.

La nouveauté, c'est l'existence d'offres intégrées concernant les hôpitaux émanant de grands éditeurs internationaux comme McKesson, Cerner, AGFA, etc. et relevant clairement, cette fois des deux premières logiques, prescriptive et/ou de représentation des connaissances. Ils permettent de traiter de gros volumes, tout en possédant une capacité élevée de personnalisation (paramétrage des règles métier).

Les fonctions les plus couramment disponibles dans les logiciels de production des soins sont les suivantes :

- gestion des consultations,
- fonctions administratives et de support : gestion des lits, gestion des rendez-vous,

- secrétariat médical et support d'information au « cabinet médical »,
- fonctions au sein des unités de soins : aide à la prescription, dossier médical informatisé, assistance au personnel soignant,
- pharmacie, approvisionnement.

Les technologies sous-jacentes sont variées (Client-serveur, Web), parfois avancées (Services Web, J2EE, stations de travail mobiles...), sans que ces choix soient toujours transparents ni nécessairement les meilleurs du marché, ni justifiés dans chaque cas d'espèce. Ces progiciels peuvent ou non se conformer à des normes internationales d'interface et de communication, y compris des normes applicatives de haut niveau, spécifiques à la santé comme HL7 et DICOM (ces normes et standards se réfèrent à des éléments sémantiques spécifiques et à des processus métier, sans imposer de mode de mise en œuvre). Une telle référence aux normes est nécessaire pour disposer de l'ouverture permettant une coopération des acteurs. De façon plus globale, la conformité aux normes permet l'interopérabilité entre composants logiciels, ainsi que la substitution de certains composants par d'autres, plus performants ou moins coûteux (logiciels libres – voir ci-après).

D.2. Logiciels génériques, logiciels libres

Services Web

Proxy

GNU

Collecticiels, workflows, outils de travail collaboratif

« Middleware », gestion de ressources réparties

Evoquée plus haut à propos des protocoles de recherche, l'informatique coopérative est appelée à jouer un rôle important.

L'offre de progiciels intégrés est présentée par ses promoteurs comme « construite » et « mature ». Pour autant, sa mise en œuvre reste le plus souvent lourde et coûteuse. Envisager, pour certains composants, l'utilisation de souches génériques, potentiellement développées à partir de logiciels « libres » peut s'avérer une alternative intéressante, économique et pérenne. C'est éventuellement une façon de débloquer des situations rencontrées dans les logiciels intégrés. Il devient également possible de faire coopérer, dans certaines conditions, des logiciels d'éditeurs présents sur le site, basés sur des standards propriétaires et donc – sans cette intervention – incompatibles entre eux, préservant ainsi les investissements réalisés. Ceci vaut en particulier pour les logiciels d'interfaces transactionnelles (présentation), les postes de travail... qui mettent en œuvre notamment des standards XML (stockage et transfert) et J2EE (services en ligne).

Se pose également pour ce type de logiciels la question de la maintenance et de la responsabilité (au moins en terme d'obligation de qualité de service, lorsque cela s'applique).

L'utilisation de « logiciels libres applicatifs » doit cependant prendre en compte la pérennité des investissements en santé et l'importance de la responsabilité engagée en termes de fourniture de dispositifs médicaux.

Parmi les logiciels génériques on retiendra par exemple les logiciels sécuritaires et ceux facilitant la diffusion de règles métier en langage naturel. Ces derniers, qui se réfèrent dans la santé aux standards dits MLM – Medical Logic Modules – supposent cependant de traiter de façon particulière les questions d'urbanisme et d'architecture logicielle globale (voir ci-après).

D.3. Architecture logicielle/intégration/ plateformes applicatives

Architectures distribuées de service (SOA, etc.)
Intégration logiciels et réseaux
Connecteurs logiciels
API

Les questions de maintien d'intégrité des données, d'échanges synchrones multi-utilisateurs, mais aussi d'organisation générale et de localisation logique et physique des codes-sources logiciels font aujourd'hui l'objet de méthodes et d'outils de haut niveau. La maîtrise de l'architecture logicielle conditionne grandement les performances des systèmes en exploitation, le dimensionnement des ressources, et donc les coûts. On devra prendre en compte en particulier les possibilités désormais offertes à des acteurs en réseau de ne disposer sur leur terminal que d'une couche logicielle « juste nécessaire », en plus de leurs données locales. Les logiciels nécessaires aux divers traitements, au moins les plus lourds d'entre eux, peuvent être téléchargés le temps de la transaction à partir de serveurs publics où ils sont régulièrement mis à jour (JAVA, scripts, PHP...). L'environnement hétérogène rencontré dans beaucoup d'établissements hospitaliers, dans les besoins de communication avec les logiciels des praticiens privés (LGC), rend la maîtrise des architectures logicielles particulièrement nécessaire.

La coopération accrue envisagée pour les acteurs de la santé, l'accès à l'information et à la connaissance, développé vers les patients comme vers les professionnels de santé, nécessite par ailleurs la mise en œuvre de technologies associant la voix, les données et l'image, qui pose encore quelques problèmes d'intégration spécifiques (cas des liaisons satellitaires, par exemple).

La simple messagerie, d'usage plus courant, fonctionnant en temps différé et laissant ainsi au médecin l'initiative de la prise de connaissance et du traitement de ses messages a fait ses preuves avec la diffusion de l'internet. (Ce succès a eu comme contrepartie une explosion de la fréquence des échanges et le nombre de messages, ce qui pose d'autres types de difficultés...). Au-delà de cette solution émergent des « connecteurs logiciels », protocoles d'échanges intelligents matérialisant les échanges prévus dans les protocoles de soins, facilitant l'identification et la réutilisation des informations transmises entre systèmes d'information différents.

D.4. Intelligence ambiante

Centrale de commande/contrôle
Bus universel ouvert (KNX-EIB)
Téléthèses

La domotique évolue vers plus d'intégration, plus de technologies, mais en même temps, plus d'ouverture, plus de généricité, du moins au niveau des structures, les dispositifs restant très diversifiés. Il s'agit d'équiper un lieu de vie de dispositifs fixes susceptibles d'être actionnés à distance, pour diverses fonctions de commande ou d'observation des mouvements de l'occupant, de relier ces dispositifs vers un niveau central de l'habitat selon une technologie de câblage universelle, indépendante de l'équipement. Pour les locaux qui ne comportent pas de câblage à la construction, il existe également des solutions sans fil, qui permettent de s'adapter à toutes formes de situations topographiques et fonctionnelles. Ce niveau central est constitué d'une plate-forme (coffret domotique ou armoire) susceptible d'activer ou de désactiver les divers équipements d'observation ou de commande selon un paramétrage individualisé. Cette individualisation peut être réalisée, soit au travers d'une carte personnelle identifiant les capacités et le niveau d'aide technique dont est équipée la personne, soit au travers d'un logiciel paramétrable, dans lequel un opérateur vient relier directement sur un

écran de contrôle des dispositifs équipant le lieu et des télécommandes (ou « téléthèses ») qui seront manipulables par l'habitant. Au-delà de la question de l'interopérabilité des divers composants, les défis technologiques sont ceux de la multiplication et de la diversification des équipements commandés par l'entremise du système (et donc reconnus par lui) associée à une personnalisation corrélativement accrue des fonctions accessibles par une personne donnée⁹.

D.5. Systèmes de télécommunications

Administration de réseaux et terminaux
Sécurité télécom
Centres d'appel
Architectures de réseaux
Communications sans fil

D.5.1. Réseaux intégrés génériques

Les solutions en matière de télécommunications sont en principe technologiquement maîtrisées. C'est en tout cas vrai pour les réseaux véhiculant les débits courants. Ceci ne doit pas faire oublier que la téléphonie filaire est un moyen fondamental de transmission des informations urgentes à l'intérieur des établissements de santé. La conjugaison de l'informatique et de la téléphonie peut contribuer à l'orientation des patients. De plus, la gestion de différents types de flux, pour optimiser les ressources réseau est maintenant possible avec des technologies relevant de l'internet. La disponibilité sur l'ensemble du territoire d'accès large bande se développe au-delà de l'ADSL, qui ne satisfera pas les besoins à terme. Ceci doit permettre de transférer dans d'excellentes conditions de qualité, de coût et de délai des volumes importants associant voix, données, images médicales. Mais la question de la transmission immédiate d'évènements urgents, leur priorité sur le réseau et la sécurité des transmissions sont d'une autre nature, et leur traitement impose également des contraintes d'architecture pour les réseaux de télécommunications. Il convient de ne pas oublier les réseaux de radiodiffusion (« broadcast ») pour des communications touchant un grand nombre d'utilisateurs (point à multipoint) ou pour des services nécessitant de hauts débits, par exemple du fait de contraintes de temps réel. Ces réseaux sont par ailleurs susceptibles de mieux répondre à certaines exigences de qualité de service.

Un problème historiquement difficile, du fait du nombre élevé des utilisateurs et de leurs exigences particulières (disponibilité, hétérogénéité des matériels et logiciels - terminaux et serveurs) est celui de la gestion des parcs de terminaux et des points d'accès aux services. Les réseaux modernes savent maintenant fonctionner avec une échelle d'hétérogénéité remarquable incluant la diversité des systèmes d'exploitation (Windows, Linux, Mac, etc.). Certaines infrastructures (comme celles de type Citrix) permettent une gestion améliorée du parc.

L'exigence de mobilité, en particulier dans le contexte de mise en place de moyens d'urgence associés à de gros volumes, peut poser des problèmes plus complexes qu'il convient d'anticiper, par la réservation de moyens mobiles et satellitaires, par exemple (voir aussi § suivant).

Il est important de noter que les infrastructures existantes de réseaux de télé- ou de radio-communication n'ont pas été dimensionnées pour faire face à des situations exceptionnelles.

⁹ Ces technologies peuvent rapidement devenir intrusives, d'où la nécessité d'un questionnement éthique, notamment si les personnes concernées sont fragiles. L'intervention d'entités neutres et éthiquement reconnues est souhaitable.

Lors de situations de crise, les capacités des réseaux sont le plus souvent insuffisantes pour satisfaire la demande.

D.5.2. Réseaux sans fils

L'emploi de réseaux sans fil en extrémité (Blue-Tooth, GSM, GPRS 3G, 3G+, UMTS, Wifi ou Wimax, DVB, DAB ou DMB) est désormais fréquent dans les projets. Ceci permet d'assurer la continuité des échanges entre la population, quelque soit sa résidence et le niveau d'aménagement du territoire correspondant, et les différents centres sanitaires et sociaux du territoire. Leurs usages ouvrent de nouvelles philosophies et de nouvelles applications en constante évolution pour les patients et les offreurs de soins. Le niveau de sécurisation des données supporte, à partir du GPRS, le cryptage SSL2 utilisé pour la protection des transactions bancaires.

Les réseaux de proximité « PWAN » (Personal Wireless Area Network, Bluetooth, Zeebee, RFID, Wifi et le futur standard Wireless USB) connaissent aujourd'hui un bon niveau de maturité, même s'ils restent perfectibles en termes de protocoles d'association, de fiabilité des connexions et de sécurité des données.

Ils auront une contribution forte dans les usages en apportant un meilleur niveau de transparence et de flexibilité pour la mise en œuvre des dispositifs patient à domicile ou en mobilité.

Autre vecteur d'importance pour les applications présentées ici : le Wimax. Ce standard également baptisé IEEE 802.16 est destiné à la couverture des zones urbaines où l'ADSL ne sera pas déployé par défaut de rentabilité.

Le Wimax prend une importance extrême pour la télésanté, car ce sont justement les zones faiblement peuplées qui posent problèmes pour la fourniture des soins et de l'assistance dans les lieux de vie.

Les réseaux sans fil soulèvent des questions spécifiques de sécurité et de confidentialité des données et plus globalement de qualité de service.

D.5.3. Réseaux et services dédiés

La visioconférence prend une place croissante dans la communication entre acteurs de la santé. Ceci concerne par exemple : des entretiens à distance entre acteurs de santé et personnes âgées ; la coopération entre professionnels pour certains domaines d'expertise ; elle est aussi utilisée pour permettre à la personne malade ou fragilisée d'échanger avec ses proches ou des membres de sa famille. Certains « assistants » emploient également cette technologie avec leurs clients. Enfin, on en trouve également l'emploi dans certaines pratiques de coopération internationale associant des communautés et leurs soignants, dans des programmes d'assistance et d'éducation sanitaire.

La vidéosurveillance concerne l'enregistrement visiophonique de personnes fragilisées évoluant dans leur cadre de vie. La lecture de ces enregistrements peut apporter une aide précieuse aux professionnels, soit en prévention, en complément d'enregistrements actimétriques, soit a posteriori, en cas d'accident. Une autre utilisation concerne les aidants, qui peuvent ainsi prendre pendant quelques instants une distance physique – et psychique – avec la personne qu'ils aident, tout en la gardant sous leur regard¹⁰.

Les services de diffusion audiovisuelle sont utilisés pour l'information et la formation des populations et des professionnels. Les technologies de cryptage associées à des décodeurs

¹⁰ Soulignons ici les problèmes d'éthique et d'acceptabilité : on touche aux limites du caractère intrusif des TIC.

permettent de cibler ces populations ou ces personnes. Des programmes de prévention utilisent aujourd'hui ces moyens.

Des réseaux intégrés dédiés à certaines fonctions d'information (collecte et traitement de données ou d'appels) se développent auprès de différentes populations : patients souffrant de pathologies chroniques particulières, populations âgées ou fragilisées, mais aussi cohortes de recherche (entrant dans le cadre de protocoles d'évaluation des résultats de recherche), ou encore, matériels médicaux installés chez des patients, à surveiller pour des raisons de maintenance. Ces réseaux comportent des dispositifs de recueil (terminaux ou capteurs), permettant l'accès à une plateforme informatique et/ou d'appel, selon le cas, et éventuellement la mise en relation avec un centre de compétence, qui peut être l'hôpital. Les contraintes associées à ces réseaux, qui en justifient l'existence parallèlement aux réseaux publics, concernent l'optimisation de leur coût eu égard aux exigences de disponibilité, de fiabilité, de traçabilité des transactions, de confidentialité des échanges dont ils font l'objet. Ils permettent de garantir globalement la fiabilité des informations recueillies et transmises. C'est le cas notamment des réseaux de télévigilance et de téléassistance. Ils sont assortis d'applicatifs de facturation utilisant des traces (pannes, signalements et interventions, etc.

La qualité de l'image et celle du son constituent des éléments fondamentaux de l'adhésion tant du patient, de ses proches, des infirmières que des praticiens. A titre d'exemple : déceler l'état de fatigue, la transparence d'une poche de dialysat ou d'autres détails où la résolution d'image et la fidélité des couleurs sont essentielles, requiert du très haut débit et des écrans de bonne facture.

D.5.4. Dimensionnement des réseaux et réseaux « préhemptibles »

Il est important que bien noter que l'architecture de réseaux de télécommunication (communications adressées, par opposition à la diffusion) dimensionne l'ingénierie de déploiement de ces réseaux suivant un mode de consommation « moyen ». Il s'agit d'être capable de fournir la capacité d'une demande dans une situation normale (optimisation des coûts des réseaux) ne prévoyant que la marge juste nécessaire en termes de capacité instantanée.

Cela signifie, qu'en présence d'un « événement », quel qu'il soit, celui-ci est susceptible de pousser les utilisateurs à consommer des services en quantité plus importante, dans ce cas, le réseau puisera dans sa faible marge avant de se retrouver en situation d'engorgement incapable de faire face à la demande.

On peut constater cela sur des événements sans gravité, par exemple le passage du 31 décembre au 1^{er} janvier. De nombreux utilisateurs souhaitent présenter leurs vœux aux environs de minuit, les SMS sont livrés avec des retards pouvant aller jusqu'à dix heures.

Si l'on envisage une situation de crise, alors on doit prendre en compte le fait que ces réseaux point à point ne constituent pas un outil sur lequel on peut s'appuyer dans la gestion de la crise (demande de capacité supérieure à ce que peut délivrer les réseaux).

Pour ces raisons, certains gouvernements ont envisagé le déploiement de réseaux « préhemptibles », c'est-à-dire qu'en situation normale, le réseau sera opéré pour des services grand public variés, en revanche face à des situations exceptionnelles l'intégralité des capacités du réseau sera allouée au profit des applications pour lesquelles il a été pressenti.

D.6. Normes et standards internationaux

Protocoles de communication et de transport d'informations
Standards de middleware
Bluetooth, Blackberry
Normes d'affichage
Profils d'intégration
Codification médicale, codification fonctionnelle

Le classement des normes et standards dans la catégorie « système » procède de ce que ces dispositions techniques concourent directement à la possibilité d'intégrer les divers éléments techniques support de solutions pour les acteurs de la santé.

Ainsi, par exemple, les dossiers médicaux informatisés doivent pouvoir échanger des informations, ce qui suppose une harmonisation des formats et protocoles d'échanges, voire des nomenclatures, des modèles de données et des process. La tarification à l'activité pousse également à la cohérence des systèmes d'information en imposant une codification des actes. Dans le secteur ambulatoire, les besoins en communication et en référentiels normatifs sont tout aussi nécessaires du fait des demandes de prestation vers les plateaux techniques ou vers d'autres professionnels de santé, ou de la participation aux réseaux de santé.

Le champ de la normalisation de l'information de santé est aujourd'hui extrêmement vaste et couvre pratiquement tous les domaines ci-dessus : méthodes de structure sémantique, terminologie, interfaces de communication des dispositifs médicaux, Workflows, codification des informations, format des comptes rendus médicaux, contenu des cartes de santé (celle des patients comme celles des professionnels de santé (carte CPS)... Ce champ s'étend à la normalisation des transactions, de la facturation, des finances et des feuilles de soins avec identification des acteurs de santé.

Les instances de normalisation sont nombreuses et actives sur la scène internationale, et les Français y sont peu nombreux, même si certains, comme le GMSIH, par exemple, y jouent un rôle actif. Pourtant les débats sur la convergence d'un certain nombre de normes, américaines et européennes, sont le reflet d'une vive compétition industrielle. Il conviendra d'opérer les choix nécessaires au contexte français, tout en conservant l'ouverture internationale.

On notera à cet égard que la question de l'interopérabilité des systèmes de santé en ligne est une préoccupation majeure de l'Europe dans le cadre de la politique de mobilité des patients (accès à des données du Dossier Médical Personnel d'un pays à l'autre, utilisation dans la Communauté des cartes d'assurance maladie électroniques, par exemple).

Il convient de signaler ici l'initiative « Integrating the Healthcare Enterprise » (IHE), dont l'ambition est depuis 1998, de favoriser la communication interne et externe entre acteurs du secteur de santé. L'IHE, soutenue en France par le GMSIH, mais aussi des industriels et des professionnels de santé, propose des « profils d'intégration » en se référant aux situations concrètes d'échange et à des protocoles existants, spécifiques ou non à l'univers hospitalier : DICOM pour l'imagerie, EHRCOM ou HL7/CDA pour le dossier médical électronique, par exemple, mais aussi ebXML, etc.

L'initiative CONTINUA vise spécifiquement la normalisation des interfaces des dispositifs et implants communiquant vers les systèmes d'information. Cette initiative, lancée il y a trois ans par quelques grands groupes internationaux, converge actuellement vers les instances de standardisation IHE, dont l'activité est désormais importante dans ce domaine.

Concernant la norme DICOM, il convient de noter qu'elle constitue la première norme généralisée mondialement en terme d'interopérabilité médicale, avec plus d'un milliard de nouveaux objets créés chaque année. Elle code à la fois des informations d'en-tête contenant les méta-données et en particulier l'identité du patient, et l'image proprement dite, pouvant être codée de différentes manières. Utilisée par la totalité des équipements de radiologie et de

cardiologie numérique, elle étend peu à peu son rayonnement dans les autres domaines de l'imagerie médicale (médecine nucléaire, radiothérapie, échographie, endoscopie...). Comme toute norme complexe, elle rencontre parfois quelques problèmes à l'implémentation en particulier lorsque les systèmes ne prennent pas en compte tous les modes de codages de l'image. Restant pour le moment au niveau descriptif (interopérabilité syntaxique), la norme DICOM ne contraint pas encore les nomenclatures ou les protocoles d'acquisition, limitant l'interopérabilité sémantique.

E. Dispositifs.

E.1. Terminaux génériques et mobilité (phonie, vidéo, données, portables)

Interfaces homme-machine, technologies d'écrans, pilotage vocal

Ecrans tactiles

Terminaux mobiles, PDA,

Dictaphone

Stylo électronique.

Cartes magnétiques, capteurs environnementaux, RFID

Les patients, les professionnels de la santé utilisent aujourd'hui les terminaux du commerce pour accéder à des informations ou communiquer entre eux. La téléphonie mobile tend à devenir un moyen de communication banal, y compris à l'intérieur de l'hôpital.

Les technologies de mobilité se répandent, tant à l'hôpital qu'en dehors. A l'hôpital, les technologies de réseaux sans fil (Cf. D 8.1) permettent de joindre aisément les professionnels, de localiser certains types de malades lors de déplacements inopportuns. Ces technologies permettent également aux professionnels effectuant des visites d'accéder à des données. Le téléphone mobile sera également de plus en plus un relais de communication entre l'intérieur (proximité de la personne) et l'extérieur (plates-formes, référent médical, etc.).

Les radiocommunications trouvent une place encore plus fondamentale au niveau des urgences ou de la santé dans les lieux de vie des patients. Les équipements mobiles sont de différentes natures : téléphones, smartphones, PDA, terminaux portables. Entre les mains du professionnel, ces équipements garantissent à celui-ci l'accessibilité des informations dont il a besoin, lui permettent d'être joint et de rendre compte.

La mobilité est aussi celle du patient : l'enjeu est ici qu'il puisse développer une vie presque normale tout en demeurant sous contrôle médical.

Des applications lui permettent de rester en contact avec le médecin, ou des centres spécialisés, ou encore de transmettre des informations le concernant en utilisant un simple PDA (comptes-rendus d'activités, résultats de mesures effectuées par le patient sur lui-même...).

Les terminaux évoluent : accessibilité intégrée de la voix, des données, de l'image, et bientôt de l'image animée ; accroissement corrélatif des débits ; ergonomie et enrichissement des interfaces sensorielles ; portabilité ; apparition de nouveaux services (SMS, CHAT)...

La recherche de productivité et de convivialité dans la saisie d'informations conduit au développement de nouvelles interfaces réduisant l'emploi du clavier. C'est notamment le cas de la dictée numérique, méthode où le clavier n'est utilisé que pour des corrections, de l'écran tactile, ou du stylo électronique, grâce auquel l'écriture manuelle est transcrite et authentifiée. Les praticiens sont en effet particulièrement sensibles aux interfaces humaines sans astreinte, où la saisie laisse la place à des systèmes de capture immédiate en situation.

Les facilités apportées par ces nouvelles technologies, qui sont en passe de devenir d'usage courant, notamment dans les générations les plus jeunes, ne peuvent être ignorées. Ces

évolutions concernent à la fois les praticiens et les patients, dont la demande qualitative et quantitative en ce domaine croîtra sans doute fortement.

Les applications utilisant les codes à barre, plus récemment la technologie RFID, font leur apparition dans les hôpitaux, essentiellement en gestion pour le repérage ou l'inventaire de dispositifs, équipements, mobiliers, notamment à usage partagé et amenés à être déplacés, mais également pour l'identification des acteurs eux-mêmes.

E.2. Dispositifs médicaux communicants et terminaux spécialisés programmables

Capteurs, implants
Terminaux dédiés
Capteurs-acteurs
Domotique médicale
Soins à domicile
Problématiques de systèmes embarqués

Cette rubrique concerne des dispositifs techniques dédiés au système de soins, en incluant les implants communicants et appelés à se multiplier. Les techniques correspondantes tendent à devenir toujours moins intrusives grâce à la miniaturisation de ces objets techniques.

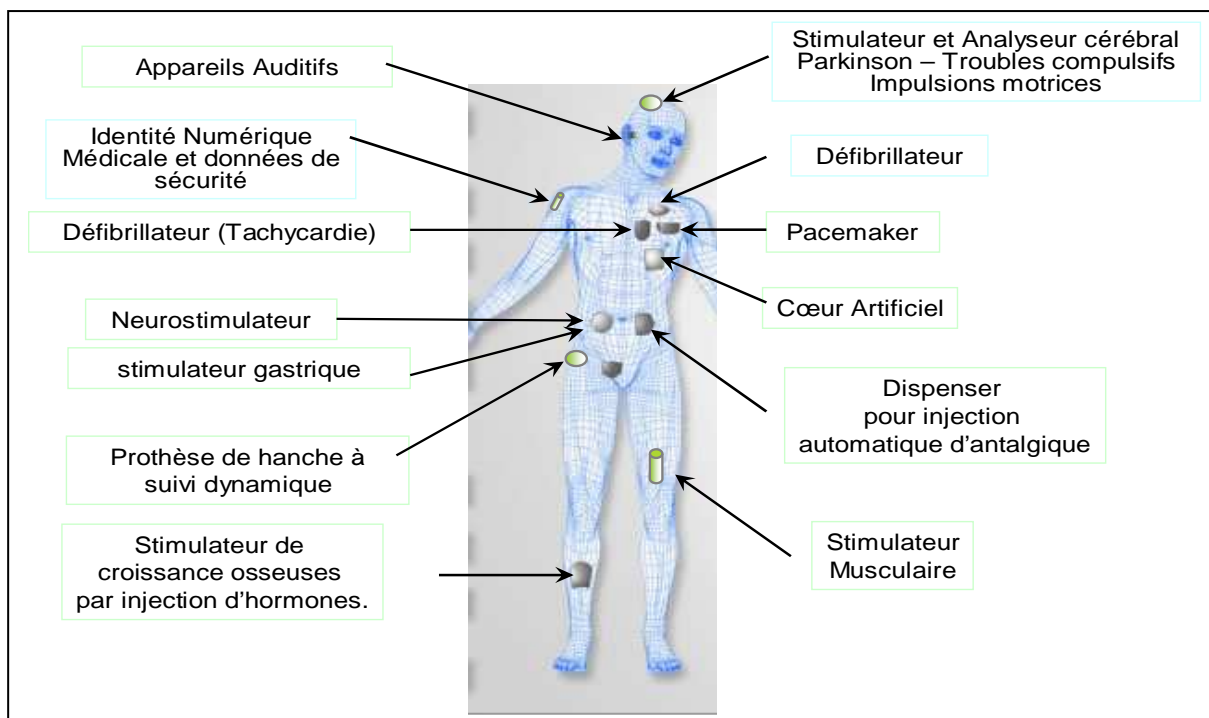
Des outils d'intervention et de suivi à distance

En ce qui concerne les dispositifs techniques dédiés à l'exercice de la médecine, leur liste est de plus en plus longue. Différents moyens de communication permettent la réalisation à distance de la plupart des examens courants (auscultation, examen de l'œil, échographie...). Des dispositifs de monitoring, associés à des implants ou à des dispositifs légers portés par le patient, permettent de suivre l'évolution de paramètres physiques (température, pression, accélération, position...) ou physiologiques (rythmes respiratoire et cardiaque, transpiration...). Les instruments médicaux acquièrent ainsi, par des capteurs, des signaux qui sont, dans maintenant la majorité des cas, numérisés, et peuvent être stockés, enregistrés, interprétés. Les capteurs biologiques (Biosensor en anglais) ouvrent de nombreuses perspectives d'applications (Voir partie « sciences du vivant »). L'interprétation automatique des signaux, la fusion des informations collectées constituent vraisemblablement les principaux défis à relever dans les prochaines décennies. Si l'interprétation automatique des signaux, est déjà réalisée dans de nombreux cas, un des grands défis sera sans doute d'organiser le service autour de ces nouveaux objets communicants, ne serait-ce que dans la cadre du suivi à distance des systèmes implantés pour des raisons de maintenance.

Les capteurs de mouvement (actimétrie) représentent une catégorie particulière de capteurs : capables de signaler la position dans l'espace selon trois axes de coordonnées (accélérométrie, magnétométrie), ils permettent de suivre précisément le mouvement du porteur. Le traitement des données correspondantes permet de détecter des anomalies, voire d'anticiper des accidents. Cette prévention peut, comme dans le cas des troubles du comportement, mobiliser des longues séries et requérir des algorithmes et outils statistiques complexes. Dans ce cadre, le traitement des données permet d'avoir un suivi de la personne et de détecter tout signe de dégradation global, lié non seulement à un geste différent, mais également à des modifications du rythme de vie. Par contre, le défi ici est de répartir de façon optimale l'intelligence, de façon à transformer au plus tôt les données en information et ainsi, justement, éviter les longues séries de données dont le stockage (ou l'envoi sur un site distant) n'a aucun intérêt.

La numérisation des images, mais aussi, de façon plus générale, de la plupart des mesures physiques ou physiologiques réalisées sur le corps humain avec les dispositifs médicaux, permettent à moindre coût de multiplier ces mesures, de les transmettre et de les stocker.

Les figures ci-après illustrent les perspectives en la matière.



Une attention particulière est à porter aux pompes activables à distance : systèmes communicants, elles sont aussi des dispositifs médicaux intrusifs, qui posent dès aujourd'hui les questions de responsabilités respectives de l'intervenant local et du médecin distant, les questions éthiques quant à l'acceptabilité par le patient de ce type de dispositif. Ces questions sont exactement celles que nous rencontrerons demain à propos des capteurs-actionneurs miniaturisés.

Des technologies de communication miniaturisées

Les technologies RFID, Bluetooth, Zigbee, etc. permettent de greffer des fonctions de communications miniaturisées sur tout équipement électronique, placé sur le corps, dans des vêtements, ou même implanté dans le corps humain. Ceci permet également d'envisager la réalisation d'organes artificiels implantables (cœur artificiel), dans des conditions de moindre risque puisque ces organes pourront rester sous surveillance et, le cas échéant, être télécommandés. La miniaturisation des composants électroniques, de dispositifs électromécaniques (MEMS, nanotechnologies...) susceptibles de travailler au niveau de la molécule, rendent possible l'ingestion (« pilule » électronique) ou l'implantation dans le corps humain de micro-dispositifs susceptibles à la fois d'émettre et de recevoir des informations, avec un équipement relais extérieur (incluant un téléphone adapté), susceptible d'afficher ces informations, de les stocker, mais aussi de les transmettre à distance pour supervision et analyse.

Du capteur au capteur-actionneur et aux nanomachines

Grâce à la technologie MEMS, qui inclut une fonction micromécanique, il est possible de distiller les substances chimiques utiles par télécommande, grâce à la fonction de « micro-dispenser » de façon très localisée, selon des posologies très précises. Ceci permet un contrôle de la consommation, mais aussi, par une administration directe et ciblée, la suppression de certains effets secondaires et le bénéfice de molécules à fort principe actif qui avait été écartées pour effet secondaire indésirable en diffusion générale dans le corps. Les « micro-dispenser » ont des tailles variant de 50 nm (nanotube de carbone) à quelques millimètres. On peut ainsi baisser la consommation de substance au niveau juste nécessaire. Les dernières technologies d'assemblage permettent des prouesses telles que la combinaison de fonctions sur silicium directement empilées et interconnectées sans avoir recours à un substrat. On peut concevoir de travailler avec un implant configurable : il dispose de nombreuses fonctions, mais seul le jeu de fonctions nécessaires serait activée à un instant, pour un patient et pour une pathologie donnée.

Certains dispositifs peuvent être qualifiés de passifs. Ils ne s'activent, dès lors, que sous l'influence d'un champ électromagnétique dont l'énergie va être captée et va alimenter les circuits du dispositif (c'est le cas des badges sans contact utilisés depuis de nombreuses années). Les systèmes plus complexes disposent d'une alimentation embarquée, qui peut être régénérée par remplacement d'une pile lithium ou par effet d'induction, voire même réalisée localement par capture des énergies du médium, par exemple à partir des pulsations cardiaques. L'activité d'un dispositif peut être déclenchée également par tout type de variation de paramètre (élévation de température, par exemple).

Traitements médicaux associés

On peut imaginer l'effet d'une banalisation des dispositifs communicant sur les urgences, par exemple, puisque des informations en temps réel permettent d'éclairer la décision.

Ces technologies peuvent aussi avoir un impact sur la gestion de divers grands fléaux de santé publique : l'insuffisance cardiaque, mais aussi le diabète par exemple. Les diabétiques doivent

s'administrer de façon très fréquente de l'insuline pour équilibrer leur glycémie. Or l'exploitation d'une information relevée de façon permanente sur le taux de sucre pourrait déclencher l'instillation d'insuline, et en quantité juste nécessaire. L'impact d'un tel dispositif est immédiatement perceptible en termes de santé publique, dans la mesure où le diabète touche quelque 4% de la population et représente une maladie chronique.

Mais il existe d'autres exemples de ce type d'application : ainsi, quand un enfant est atteint de leucémie, il est nécessaire de suivre en permanence le nombre de globules blancs présents dans son sang. Il est nécessaire de réaliser en permanence des dosages lourds, qui nécessitent son retour à l'hôpital. Cette astreinte pourrait être sensiblement allégée¹¹

Défis technologiques

Les défis à relever concernent le traitement, la fiabilisation, l'interprétation et la sécurisation des données obtenues à partir des implants communicants et dispositifs portables de plus en plus nombreux et variés, le traitement local, les débits et la synchronisation du transport de l'information... Se pose progressivement la question de l'intégration de ces différents composants (traitement cohérent des diverses sources d'information), dont certains sont « portés », d'autres installés dans un habitat non prévu a priori pour cela, ainsi que l'interfaçage de ces divers systèmes entre eux et avec d'autres équipements domestiques plus classiques (téléphone, internet, télévision, notamment). Une question à résoudre est aussi celle de la sensibilité et la spécificité de l'information diagnostique face à une alerte critique, c'est à dire dans la confiance à accorder dans une alerte.

Rappelons néanmoins que le pacemaker est une invention qui a plus de 30 ans, que les versions d'aujourd'hui sont bourrées d'électronique, comportent un ou plusieurs microprocesseurs et une pile miniaturisée. Miniaturisation qui porte sur le composant d'ensemble puisque l'on se rapproche chaque année de la taille d'une grosse pièce de monnaie.

Des travaux en cours concernent également la fiabilité d'une connexion sans fil via le téléphone du patient et les expérimentations portent avant tout sur le recueil de données de fonctionnement ou l'enregistrement d'épisodes critiques du fonctionnement cardiaque lors d'efforts non contrôlés, notamment.

Dimension éthique

Enfin, il faut noter que la communication des données issues de ces dispositifs requiert en principe l'accord du patient, et impose donc l'usage de techniques d'authentification et d'habilitation qui sont aujourd'hui banalisées avec les évolutions des PWAN.

E.3. Aides techniques

Aides techniques communicantes
Aides à la communication

Les aides techniques constituent une catégorie d'objets au contour flou, intégrant de nombreuses technologies différentes. En réalité, le terme désigne d'abord un concept juridique, correspondant à la matérialisation d'un droit.

¹¹ Sur le plan de l'analyse biologique, on peut imaginer des résistances au développement de tels dispositifs individuels, de la part des laboratoires d'analyse, par exemple...

Maintenir cette catégorie n'a de sens que dans la mesure où notre classification privilégie les TIC, et qu'à cet égard, ces aides peuvent - pour certaines - intégrer ces technologies dans leurs fonctionnalités en liaison avec d'autres machines, l'environnement ou de tierces personnes, et - pour d'autres - permettre au patient ou à la personne fragilisée bénéficiaire de communiquer elle-même.

On trouve dans cette catégorie aussi bien des terminaux supportant des fonctionnalités génériques, mais adaptés à des handicaps particuliers (cas par exemple de logiciels d'assistance cognitive installés sur des terminaux d'usage courant), que des objets conçus dès l'origine en fonction d'une situation de handicap (boîtiers de télécommande simplifiés, sticks installés sur des fauteuils roulants, etc.). On se référera au § B.4. pour les mécanismes génériques d'interfaçage.

Le défi est ici celui d'accompagner sans retard l'évolution technologique globale, plus exactement l'apparition sur le marché grand public de systèmes auxquels les aides techniques ne permettent pas d'avoir accès sans être elles-mêmes modifiées. Cette exigence est plus facilement satisfaite si la structure d'interface évoluée est réalisée de façon modulaire, dont une partie est ainsi amortissable sur de grandes séries. Il s'agit également parfois d'intégrer des fonctions ou des solutions spécifiques nouvelles : reconnaissance des formes, exigences de miniaturisation, intégration et interprétation de signaux issues du mouvement de la personne, volontaires ou non, et de l'environnement, etc. Nous renvoyons aux rubriques « modélisation », « applications », « Robotique », « Sciences humaines » pour une compréhension globale de la complexité de ces systèmes et des enjeux associés.

F. Technologies

F.1. Cryptage, sécurité, anonymat

Identification, authentification, notariation

Biométrie

Cryptologie

Confidentialité

Sécurité et sûreté des logiciels pour systèmes embarqués.

Sécurité des données hébergées

La première sécurité en termes de santé est celle du patient, qui doit être donc correctement identifié d'une part, et dont l'intégrité des informations le concernant doit être maintenue d'autre part.

En complément et parfois de manière contradictoire, cette fiabilité des échanges doit rester compatible avec la protection du droit des personnes nécessitant la confidentialité des données individuelles et la mise en œuvre de dispositifs de cryptage des informations, matériels ou logiciels. Si les technologies correspondantes sont disponibles, leur mise en œuvre conviviale suppose des dispositifs parfois coûteux : cartes à puce avec ou sans contact, terminaux spécialisés, logiciels de sécurisation des transactions... Des solutions nouvelles émergent qui permettraient l'identification numérique des patients ou des praticiens, potentiellement plus souples d'utilisation : radio-identification (RFID), biométrie (reconnaissance d'empreintes digitales, ou de fond d'œil, par exemple). Le maintien de l'anonymat pour certaines applications, notamment l'élaboration d'analyse de données en nombre en épidémiologie, qui interdit l'usage du numéro de sécurité sociale comme identifiant, requiert des techniques conjuguant anonymisation et traçage (pour éviter les doublons). Ces techniques sont disponibles. La difficulté de mise en œuvre n'est pas de cet ordre : elle touche aux problématiques de remplacement d'un parc de lecteurs de cartes installé, très important en France, associé à une technologie plus ancienne et non compatible avec les nouvelles

techniques de saisie sécurisée. Ces raisons ont conduit la CNAM à reporter à la génération Vitale 3 l'examen de l'introduction de technologies nouvelles. Une problématique similaire existe du côté des professionnels (carte CPS) avec la nécessité de prendre en compte l'amortissement des terminaux de saisie qu'ils ont acquis à leurs frais. Mentionnons enfin que l'Europe, après avoir mis en place une carte électronique européenne d'assurance maladie utilisable dans tous les pays de l'Union depuis 2005 s'oriente vers une carte européenne des professionnels de santé, avec un horizon de mise en œuvre en 2010. En France, il s'agira d'une carte unique CPS – carte ordinale – carte européenne (carte dite « convergée »).

Parmi les éléments touchant à la sécurité, l'accès à distance aux images médicales des patients pose des problèmes technologiques particuliers, résolus progressivement par les laboratoires de recherche. Le tatouage¹², par exemple, est une technologie récente, plus particulièrement développée pour garantir la sécurité de documents multimédias sur des réseaux publics comme Internet. Son intérêt concerne notamment la protection de la propriété intellectuelle. Cette technologie peut venir compléter les dispositifs actuels, qui assurent pour l'essentiel la confidentialité des données.

Les obstacles à l'utilisation efficace de toutes ces technologies concernent souvent leur ergonomie, et plus encore la nécessité d'intégrer dans le comportement de l'utilisateur des codes de conduite dont l'absence est susceptible de neutraliser l'effet de la fonction sécuritaire, quelque soit sa sophistication. Mais ce qui fait surtout défaut, c'est la définition d'une politique de sécurité par rapport à laquelle la pertinence des technologies, tant au plan fonctionnel qu'économique, peut être évaluée de façon transparente.

En particulier, les politiques sécuritaires d'établissement sont à développer. Les politiques de sécurité en cabinet libéral sont également nécessaires mais cela exigerait un « guidage » avec, par exemple, la publication de politiques de sécurité-types

Notons pour terminer le lien étroit qui existe entre l'emploi de ces technologies et les règles de droit, qui sont au cas par cas confirmées ou précisées par la CNIL (comme l'avis formulé sur les données du dossier médical personnel à propos du projet de loi de 2004).

F.2. Technologies de l'image et traitement du signal (ex ECG)

Objet sur image (MPEG 4, MPEG 7, MPEG 21)

Codage d'images

Indexation d'images

Grilles de recherche

Images multimodales

Le traitement de l'image dans le secteur de la médecine présente des caractéristiques particulières qui requièrent des technologies avancées. Ainsi on peut citer : le maintien d'une image lisible des organes malgré leur instabilité ; le volume d'information à traiter pour disposer d'images en trois dimensions précises et mobiles ; l'exploitation de ces images à fin d'interprétation, au travers de la mobilisation de formes reconnaissables, associées à des représentations symboliques... Par ailleurs, le nombre d'images par examen est de plus en plus important. Les IRM récentes produisent des examens dépassant le Gigaoctets par exemple, les systèmes émergents de numérisation de lames d'anatomopathologie génèrent des images de quelques dizaines de gigaoctets une fois comprimées.

¹² Attention, le tatouage modifie l'image en termes de traitement diagnostic. Cela restreint sans doute son usage. De plus l'image appartient en droit au patient, non au médecin, ce qui peut poser des questions relevant de la propriété intellectuelle.

L'imagerie médicale contribue potentiellement à satisfaire une grande variété de besoins, tels que : la qualité et la rapidité du diagnostic, grâce à la faculté « intégratrice » de l'image qui présente une synthèse compréhensible d'un grand nombre de données ; le suivi thérapeutique (représentation intégrée de l'état de la pathologie du patient) ; l'aide à la thérapie (assistance au geste, prédiction du résultat d'une intervention).

Il convient de noter qu'avec la nouvelle génération de normes (MPEG 21), les logiciels d'imagerie vont pouvoir « embarquer » des règles de recherche et d'exploitation des images en s'appuyant sur les méta-données, données associées au contenu multimédia ou audiovisuel. Cet enrichissement fonctionnel des logiciels d'imagerie établit un lien entre la gestion des images et les processus dans lesquels elle s'inscrit, et introduit une dimension nouvelle à visée prescriptive pour l'utilisateur, telle que nous l'avons évoquée au § 3.

Les technologies de compression d'image permettent aujourd'hui d'atteindre des taux de compression bien supérieurs aux standards en vigueur. La difficulté de pénétration de ces technologies nouvelles est vraisemblablement liée à la fois à des effets de parc et à la résistance naturelle des fournisseurs de ce parc. Une hypothèse complémentaire est que les utilisateurs ont des difficultés à mettre en œuvre ces outils en ce qui concerne l'optimisation du paramétrage des fonctions de compression lorsque les outils sont ouverts et paramétrables. Dans d'autres cas, les outils sont fermés et ne donnent pas, (sauf exception), les garanties suffisantes en termes de qualité ou d'interopérabilité.

Pour autant, la mise à disposition de PACS (Picture Archiving and Communication Systems) à coût réduit et d'excellente qualité par rapport aux outils antérieurs, réservés aux radiologues, montre comment un mécanisme de contournement des bases installées permet la diffusion rapide d'une technologie nouvelle performante et bon marché. Il conviendra toutefois de vérifier la pérennité de tels systèmes et de leurs fournisseurs eu égard à la nécessaire conservation des données sur de longues périodes.

Il est à noter enfin que DICOM continue peu à peu à prendre en compte les nouveaux codages d'images comme la vidéo (MPEG2, MPEG4), DICOM proposant un mécanisme simple (WADO) permettant à une application cliente d'extraire la partie image seule dans un standard de codage d'image générique (JPEG, MPEG...). Faute de convergence des fournisseurs de systèmes de signaux physiologiques sur un standard parmi les 17 candidats, DICOM risque là encore de s'imposer, comme cela semble être le cas de l'ECG pour lequel IHE-Cardiologie a fait le choix de DICOM.

F.3. Données, traitements de masse, archivage (Bases de données)

Fusion et agrégation de données
Masses de données, y compris multimédia
Transferts de données, y compris multimédia
« Fouilles » de données (datamining).
Consultation et navigation
Indexation/extraction d'informations
Moteurs de recherche

Au-delà de la question des images médicales, des terminaux multimédias, la question de l'accessibilité de différentes sources, relevant de technologies, de standards, de médias différents est souvent délicate. Ces techniques sont nécessaires à la réalisation de corrélations, d'extraction de connaissances, d'élaboration de données statistiques ou de modèles de simulation. Sont concernées :

- Les applications de suivi d'activité mettant en œuvre des algorithmes de fusion des données issues de différents capteurs (actimétrie),

- Les applications de diagnostic basées sur des biocapteurs émettant des signaux lumineux à des fréquences caractéristiques de cellules malades ou de composants biologiques spécifiques, signaux qu'il s'agit de combiner et d'interpréter,
- Les besoins de la recherche, qui correspondent à des volumes importants et renvoient à des technologies de transfert de flux multimédia : collecte et gestion de données épidémiologiques, de feuilles de soins électroniques d'une nouvelle génération et d'extraits de dossiers personnels, par exemple.
- Il existe également un besoin de rapprochement des annuaires de patients et de professionnels de santé aux différents niveaux : hôpitaux, réseaux, plateformes, référentiels nationaux. (Master database management).

Ces besoins sollicitent les questions de représentation des connaissances à base d'ontologies précédemment abordées dans la mesure où il faut intégrer des données hétérogènes dans une représentation pivot d'un entrepôt de données avant d'y appliquer des algorithmes de fouilles de données.

Le stockage de données est aujourd'hui réalisable de nombreuses façons, et notamment sur des supports conjuguant un très faible encombrement et de grandes capacités : cartes, CD ROM, DVD. D'un autre côté, les capacités de stockage et de traitement de masse de grande puissance permettent de satisfaire les besoins d'analyses précises sur de très grands échantillons. Les technologies de communication, notamment la richesse des protocoles d'échange et les débits disponibles, permettent de conjuguer ces deux types de supports de façon efficace, sûre et sécurisée. La lisibilité de l'information stockée est facilitée par des techniques nouvelles et normalisées de gestion documentaire, selon lesquelles l'environnement de l'information, le contexte de son élaboration, les versions successives, les signataires, sont conservés et accessibles.

Des défis technologiques restent ouverts en ce qui concerne la recherche et la présentation d'une information pertinente dans des délais courts, utilisable en situation par le praticien, d'autant plus que les champs d'application sont extrêmement variés, et que la présentation d'une information synthétique dépend amplement de l'application concernée. Il n'y a pas de solution générique, d'autant que cette synthèse résulte de la fusion de données de plus en plus hétérogènes.

Un travail important reste également à conduire en ce qui concerne la mise en œuvre de ces technologies pour le formatage des informations que sont les signaux issus des appareils de mesure physiologique. En effet, dans la perspective d'enregistrements pérennes, constitutifs de dossiers (dossiers patients, dossiers de spécialités ou autres), ces signaux devraient faire l'objet de tris, sélection, encodage, permettant de stocker les éléments juste nécessaires.

Ces techniques ne permettent pas encore de conserver des documents indéfiniment, faute d'une gestion efficace des changements de technologies intervenant au cours du temps.

Il est important en effet d'assurer une maîtrise dynamique des technologies pour pouvoir archiver de façon pérenne (plusieurs dizaines d'années) des informations stockées au départ sur des médias basés sur des technologies variées, après que ces technologies soient devenues obsolètes. Il existe aujourd'hui des technologies faisant appel à des supports nouveaux permettant de prolonger la durée de vie d'un document numérisé au delà du siècle. En revanche, la suppression d'informations caduques reste un problème mal résolu.

F.4. Techniques de modélisation

Systèmes et données multi-échelles

Modélisation, simulation numérique, visualisation

Modélisation personnalisée/ utilisateur virtuel

Modélisation des mouvements

L'accroissement des connaissances, les puissances de calcul disponibles permettent la mise en correspondance de données volumineuses au service de modèles complexes. Comme indiqué au début de ce chapitre, l'émergence de systèmes macroscopiques, aptes à mobiliser des ressources de calcul considérables à moindre coût, permet de mettre les TIC au service de nouvelles représentations de la matière et du vivant.

Parmi les applications prometteuses, on citera :

- Les représentations couplant les niveaux microscopiques (molécules, tissus) et les grands systèmes assurant le fonctionnement du corps humain, avec deux ambitions :
 1. Comprendre le comportement « macro » à partir des fonctions élémentaires combinées du « nano » (modèle directe).
 2. Savoir revenir à la fonction élémentaire défaillante du niveau « nano » à partir du constat de dégradation de la fonction « macro » (modèle inverse).
- Les corrélations possibles entre la composition du génome humain et certaines pathologies, ce qui conduit potentiellement à un renouveau de la détection et de la prévention, par une meilleure compréhension des phénomènes évolutifs, avec cependant des problèmes éthiques nouveaux, tel que les risques de discrimination par les assurances complémentaires.

Il convient de noter à ce niveau que la mise en œuvre effective de ces modèles nécessite la présence sur le marché d'outils d'intégration spécifiques, permettant leur implémentation dans les systèmes techniques.

Certaines applications visent l'élaboration de modèles simulant spécifiquement un patient ou un individu particulier. Des modèles génériques sont en effet paramétrables à partir de signaux biologiques et d'images multimodales, jusqu'au niveau moléculaire au besoin. L'enjeu consiste à reproduire les propriétés anatomiques et fonctionnelles des systèmes physiologiques, en intégrant des données biologiques réelles.

La modélisation dynamique de tout ou partie du corps humain, personnalisée ou non, permet non seulement une compréhension approfondie des divers mécanismes en jeu dans ce dernier, mais également la simulation, donc la compréhension de phénomènes induits par une variation contrôlée de certains paramètres, et l'anticipation de phénomènes selon différents objectifs : formation de jeunes professionnels, formation médicale continue (FMC), étude d'interactions entre la personne et des outils ou des caractéristiques de l'environnement, aide à la conception de produits et services, médicaux ou non – et bien entendu – pilotage de robots d'opérateurs humain à distance. C'est donc un outil d'aide à la recherche et à la prise de décision¹³.

F.5. Techniques de transduction et de multimodalité

Transmodalité

Langues des signes (LSF, LPC)

Conversion écrit – parlé (TTS)

Reconnaissance vocale

Dictée numérique

La question de l'accessibilité par les moyens sensoriels disponibles (certains sens étant momentanément ou durablement inutilisables) à une source d'information électronique ou plus généralement de l'accès à une information pour laquelle les récepteurs sont indispensables (Interfaces haptiques, par exemple) trouve aujourd'hui un nombre de plus en

¹³ Par contre, l'utilisation d'une modélisation ne permet pas d'étudier l'interaction entre la personne et des caractéristiques de l'environnement.

plus riche de réponses. Cet enrichissement résulte à la fois de la pression de la demande, et de la disponibilité de ressources de traitement permettant ces transductions en temps réel. Des problèmes demeurent lorsque la source du signal est humaine, du fait notamment de la variété et de la singularité des caractéristiques individuelles.

F.6. Robotique et techniques d'assistance médicale

Monde réel, Mondes virtuels, Réalité augmentée

Formes complexes

Couplage modèles – information

Automatique, robotique, signal

L'utilisation de robots se développe, tant du fait d'exigences de précision de certaines interventions (miniaturisation, assistance au geste chirurgical) que du besoin d'intervention à distance. Il peut s'agir soit d'outils asservis au geste du praticien, améliorant ainsi sa performance, soit d'automates. L'utilisation de ces outils requiert la mise en œuvre de logiciels de modélisation de plus en plus élaborés, et permet également la simulation (formation des chirurgiens, par exemple).

Dans le domaine du diagnostic « in vitro », la robotique permet également, la standardisation des flux et la maîtrise des opérations. Ce domaine peut bénéficier également des TIC pour la transmission et l'interprétation des résultats, y compris à distance¹⁴.

Le développement de la réalité virtuelle permet, outre une amélioration prédictive du résultat d'une intervention, une aide à la rééducation des personnes en situation de handicap, y compris à domicile. Cette technologie permet également, dans certaines utilisations en temps réel, l'analyse et éventuellement la rééducation de comportements (troubles psychiques, par exemple).

Dans le domaine de la déficience cognitive, des robots « compagnons » font leur apparition. Ils sont aptes à stimuler l'attention des personnes et à assurer des fonctions de surveillance, avec des aptitudes appropriées d'adaptation aux capacités propres de la personne selon le contexte.

La robotisation de dispositifs mécaniques (fauteuils et autres aides techniques) se développe également, au service des personnes fragiles, mais aussi des aidants (aides techniques pour le soulèvement des patients, par exemple).

Les travaux conduits actuellement dans le domaine du télémonitoring, notamment en ce qui concerne la chirurgie robotisée, sont susceptibles de déboucher prochainement sur des usages de téléchirurgie.

F.7. Automates, commandes à distance

Télécommandes

Dispositifs motorisés

Activeurs électriques

Câblage

Les établissements d'accueil, les domiciles, peuvent être équipés de mécanismes automatiques ou actionnables à distance et permettant de faciliter la vie des personnes fragilisées ou non, en actionnant par exemple des lampes, des volets, des interrupteurs....La technologie actuellement la plus utilisée est constituée de moteurs pilotés à distance par des

¹⁴ Moyennant une reconfiguration de la chaîne de valeur, d'où de probables résistances de certains acteurs économiques.

télécommandes à infrarouge. Ces commandes peuvent relever de détecteurs de présence ou de mouvement, ou d'actions volontaires ciblées (télécommandes, session informatiques). Ces équipements sont installés dans les lieux de vie des personnes, et constituent un élargissement de la fonction domotique usuelle, avec ce qu'elle comprend d'installation, d'intégration et de câblage d'équipements.

F.8. Architectures matérielles

Grilles informatiques (ou « Grid »)
Architectures de systèmes
Ambient computing
Client/serveur

F.8.1. Le "Grid" est la capacité de partage de la ressource computationnelle pour augmenter la puissance de calcul disponible à une application donnée (pour réduire le temps de réponse par exemple). A ce niveau, ce qui est nouveau, c'est la possibilité de mobiliser simultanément des ressources de calcul réparties pour des applications de traitement de masse ou de simulation nécessitant des puissances très élevées. Plusieurs machines doivent pouvoir fonctionner en parallèle, en temps réel, dans de bonnes conditions de fiabilité. Ceci évite la centralisation, peu sûre, de moyens importants. Il convient de noter que la puissance individuelle des machines mobilisées peut être limitée (de type PC) : c'est alors leur nombre qui permet d'atteindre le niveau requis de puissance. La condition est que les « hébergeurs » des divers serveurs répartis sur le territoire, dont certains seront privés, satisfassent des exigences qui devront être prescrites au niveau d'une stratégie technique globale. La Santé est potentiellement cliente de ce type de nouvelles technologies, même si la notion de Grid est générique. On voit émerger par exemple des fournisseurs « DICOM Grid » permettant de virtualiser un ensemble de serveurs PACS en un seul système.

F.8.2. L'ambient computing est une notion différente, basée sur la capacité des équipements à échanger directement entre eux, sans l'intervention humaine, dans une relation de « machine à machine ». La mise en œuvre de ce principe permettra à des sociétés de capteurs de s'adapter à la présence d'une personne dans leur univers. Ceci dans une logique de coopération des différents capteurs (actuellement on parle de capteurs actifs et passifs). Pour le domaine de la santé, c'est par exemple la possibilité pour un patient de modifier sa chambre d'hôpital pour qu'elle épouse ses couleurs préférées et lui permette d'écouter la musique qu'il aime.

On peut aussi utiliser les technologies de machine à machine dans le cas de la prévention : un capteur informe en temps réel une station du niveau d'insuline d'un patient sans qu'il s'en rende compte et déclenche une alerte si un certain seuil est dépassé. Des applications sont à l'étude autour du « chariot électronique » à l'hôpital, sorte de « hub » mobile accompagnant la visite du médecin et recueillant les informations pertinentes stockées à proximité du malade. Une autre application concerne la connexion du poste de travail du praticien de ville aux équipements de mesure utilisés par ses patients.

F.9. Télécommunications

Physique des télécommunications
Protocoles
Wifi, UMTS, GSM...
Gestion des flux multimédia
Sécurité télécom
Radiocommunications
Architectures de réseaux

F.9.1. Réseaux terrestre fixes et mobiles¹⁵

Technologies filaires « classiques »

Il s'agit de réseaux utilisant la paire bifilaire utilisée historiquement pour le téléphone.

Grâce à des évolutions technologiques, il est aujourd'hui possible de passer jusqu'à plusieurs méga bit/s, l'offre commerciale associée est connue sous le vocable ADSL.

Les réseaux filaires bénéficient, en terme de capacité, de l'intensification du déploiement de fibres optiques, qui a minima augmentent la capacité des réseaux de transport. Depuis peu, la fibre est amenée jusqu'aux utilisateurs en tant que réseau d'accès à haute capacité (plusieurs giga b/s).

Le très haut débit

La fibre optique est la principale technologie déployée dans les dorsales d'opérateurs en France car elle est la meilleure réponse en termes de capacité globale et de distances couvertes. La technologie WDM permet le multiplexage d'un grand nombre de canaux optiques, augmentant ainsi la capacité globale de la fibre. Les technologies DSL utilisent, pour leur part, les fréquences hautes des paires de cuivre répandues sur le territoire historiquement pour distribuer les signaux téléphoniques. Le câble coaxial prend le relais de la fibre optique au niveau des réseaux de collecte. Dans la perspective de la convergence numérique (ou « triple play »), selon laquelle il y a intégration de l'image, de la voix et des données sur le même média, le câble coaxial pourrait connaître un développement comme support de distribution de nouveaux services, y compris de services médicaux large bande véhiculant de l'imagerie médicale éventuellement animée ou de la visioconférence de haute qualité accompagnée de données captées en temps réel.

Les technologies de réseaux sans fil

Il existe de nombreuses techniques d'accès et d'infrastructures réseaux sans fil : le GSM, le GPRS, l'UMTS, le Wi-Fi couvrent chacun des besoins spécifiques. Si le GSM permet une accessibilité globale sur le territoire, les technologies d'accès radio autorisent des débits bien plus importants, mais sont de courte portée. Les efforts portent dorénavant sur des technologies permettant un véritable haut débit accessible. Les deux technologies concernées, Wimax et 3G + devraient offrir des niveaux de performances relativement semblables et des techniques radio équivalentes. Leur éventuelle convergence est un enjeu majeur de l'accessibilité universelle du haut débit mobile dont pourraient bénéficier les acteurs de santé.

Réseau sans fils de diffusion :

Le vocable diffusion désigne des réseaux de type point à multipoints. Ils sont historiquement utilisés pour des services de télévision et de radio (en analogique : respectivement Secam, AM FM, ...).

Ces réseaux ont récemment évolué vers des technologies numériques :

- Pour la TV : les standards associés se nomment
 - DVB-S pour le satellite (avec une seconde version DVB-S2)
 - DVB-C pour les réseaux câblés
 - DVB-T pour la diffusion terrestre en réception fixe (avec une seconde version en cours de discussion DVB-T2), DVB-H en réception mobile,

Tous ces réseaux présentent trois caractéristiques importantes à retenir :

¹⁵ On parle souvent de « réseaux terrestre » pour les réseaux de diffusion radio et TV. Nous employons ici une acception plus large.

- Communication de point à multipoints (convient bien pour des contenus destinés à un grand nombre de personnes,
 - Permet de transmettre des contenus gourmands en débit (plusieurs dizaines de Mb/s),
 - En revanche ces réseaux sont dépourvus de voie de retour et sont donc unidirectionnels (l'interactivité n'est possible qu'en ayant recours à un autre réseau).
- Pour la radio, de nombreux standards sont nés et ont eu du mal à s'imposer laissant la possibilité à d'autres de voir de le jour : DAB, DMB concernant la bande FM, DRM s'agissant de l'AM, ...
- Assez similaire aux réseaux de diffusion TV, ils sont unidirectionnels, conviennent pour le point à multipoints, ils sont dédiés à la mobilité (aussi bien qu'à la réception fixe), sans voie de retour, ils permettent un débit plus faible (de l'ordre de quelques centaines de kilo/s).

Réseau sans fils de télécommunication :

Ces technologies doivent être considérées comme des extensions des réseaux filaires type ADSL, avec des caractéristiques très similaires mais sans la contrainte de la connexion filaire. La technologie la plus répandue est le Wifi dont le déploiement (sans régulation) est maintenant très avancé en milieu urbain.

Le successeur du Wifi, s'appelle WIMAX. Il autorise des transmissions sur des distances plus importantes (jusqu'à 10 à 40 km) avec des débits pouvant égaler ceux de l'ADSL (quelques méga b/s). Certaines versions permettent la réception en situation nomade et même en mobilité.

Les réseaux de télécommunication établissent une communication point à point (individualisée), bidirectionnelles (avec voie de retour) permettant une réelle interactivité.

Réseau sans fils de radiocommunication :

Les standards de radiocommunication visent à établir, en mode sans fil, des communications en mode point à point notamment pour des services vocaux (discussions téléphoniques). Le premier standard de ce domaine s'est appelé GSM. Par la suite, les opérateurs ont voulu proposer des services de transmission de données (autres que les conversations vocales). Les standards qui ont suivi ont permis des transmissions de données numériques associées à des débits de plus en plus importants GPRS, EDGE, puis UMTS (3G) allant jusqu'au méga b/s.

Tous ces réseaux présentent un intérêt suivant le type de service que l'on se propose de mettre en place. Il convient en revanche de les choisir dans leur domaine d'application naturel (suivant leurs caractéristiques).

F.9.2. Réseaux satellitaires

Les réseaux satellitaires défilant à basse altitude permettent des observations très précises de la terre et la communication sécurisée de ces données vers des centres de traitement. La fusion de ces données environnementales avec des données sanitaires permet dans certaines circonstances de déclencher des alertes ou de suivre l'évolution de crises sanitaires.

Des équipements intégrés et portables (valises) permettent à des praticiens envoyés sur place de réaliser des mesures biologiques et de communiquer avec des centres de gestion. Des postes de secours avancés permettent des observations plus complètes sur place, avec transmission des résultats à distance et échange experts. Ces dispositifs sont particulièrement adaptés aux situations extrêmes d'isolement, par exemples en milieu insulaire, ou dans des

situations de crise avec destruction des infrastructures de communication terrestres (Tsunami, par exemple). La mise en place d'un réseau et de valises représente alors des enjeux vitaux.

F.9.3. Réseaux locaux humains (BAN ou Body Area Network)

Les dispositifs implantés ou embarqués sur le corps humain qui sont communicants ont en général, pour des raisons essentiellement énergétiques, des portées courtes. Le concept de BAN rassemble les technologies de télécommunications aptes à recueillir les signaux faibles émanant de ces divers composants et de les transmettre sous une forme adaptée à des dispositifs fixes situés à une distance de quelques mètres.

G. Sciences du vivant

Biométrie
Biogéométrie
Bioinformatique
Biosécurité
Biocapteurs
Biomatériaux
Neuroprothèses
Organes et fonctions du corps humain
Biologie cellulaire et infra-cellulaire
Génomique
Nanotechnologies pour la santé
Modélisation et simulation

Les sciences du vivant interfèrent avec celles des TIC sous plusieurs aspects :

- L'utilisation de modèles simulant le comportement de systèmes et mécanismes intervenant dans le corps humain, de la molécule au corps complet ;
- La mise en interaction de systèmes techniques avec le corps biologique.

Ces approches sont liées, les modèles qui permettent la simulation étant eux même issus d'interactions et d'observations cliniques.

Un troisième aspect concerne le traitement de l'information issu des systèmes vivants, par exemple, traitement des données issues de capteurs embarqués, ou de capteurs implantés. Ce traitement doit souvent être réalisé en temps réel, avec le minimum de consommation pour assurer le maximum d'autonomie.

Systèmes de représentation

Les sciences du vivant font de plus en plus appel à des techniques de représentation, de modélisation, à des niveaux de plus en plus fins, qui nécessitent des puissances de calcul élevées. Ces modèles permettent de substituer à des expériences sur du matériau vivant des simulations dont les résultats, de plus en plus précis, permettent la réalisation d'expériences moins risquées et moins coûteuses. La biométrie est susceptible de renseigner les états et les caractéristiques du système représenté, permettant ainsi l'enrichissement du modèle et l'amélioration de la prédictibilité médicale. Ces caractéristiques s'entendent dans un sens de plus en plus large, et intègrent des phénomènes comme la transpiration, l'aphasie, etc. Les informatiques médicale et neuronale, ainsi que la bioinformatique sont appelées à converger au travers de programmes de recherche spécifiques. Cette convergence vise à l'amélioration de la prévention comme des thérapies.

Un travail important est entrepris au plan mondial pour indexer les parties du corps humain et les systèmes et sous-systèmes qui le composent. Mais les modèles sont aussi dynamiques,

qu'il s'agisse de représentations macroscopiques du mouvement d'un membre (orthopédie), d'un organe mou (chirurgie), ou d'une molécule (protéines).

Systèmes opératoires complexes

La perspective d'implanter des dispositifs miniaturisés dans le corps humain pose des questions quant à la tolérance des tissus humains aux matériaux constitutifs de ces implants, et inversement, de l'évolution des performances des implants dans le temps, dans un environnement qui leur est hostile. Ceci vaut tout particulièrement pour les implants neuronaux, qui transmettent ou reçoivent du cerveau des signaux électriques. En effet, l'invasion de la surface de ces implants par des cellules humaines en perturbe le fonctionnement, notamment si les signaux sont faibles, ce qui est le cas dans les technologies BCI (Brain Computer Interface).

Les technologies BCI visent à permettre au cerveau une commande directe de dispositifs techniques reliés à ces implants, sans nécessiter d'intervention musculaire.

Il existe deux types d'interface : les interfaces synchrones, dans lesquelles le système analyse la réponse de l'utilisateur à des stimuli (visuels, auditifs ou tactiles), et les interfaces asynchrones, dans lesquelles l'utilisateur reste seul maître de la tâche de communication. Dans ces dernières, les commandes sont en général issues d'une analyse des rythmes liés à l'activité musculaire de l'individu, détectées principalement dans les aires sensori-motrices du cortex. Les interfaces dites « invasives » sont celles, précisément, qui utilisent les implants évoqués ci-dessus, situés à l'intérieur du crâne. Le « câblage » de l'être humain, envisagé par exemple pour l'appareillage synchrone des deux oreilles d'un sourd profond, pose des problèmes au niveau de l'intervention chirurgicale et de la tolérance ultérieure, qui ne sont pas résolus.

Ce domaine mobilise à la fois les domaines scientifiques de la neurophysiologie clinique, de la réadaptation fonctionnelle et du traitement de l'information.

Biocapteurs

A la frontière entre sciences du vivant et technologies de l'information, des expériences en Amérique du nord démontrent la faisabilité de technique de collecte d'information concernant le corps humain par l'ingestion de substances capables de recueillir des marqueurs, naturels ou artificiels. De façon plus générale, on assiste au développement de très petits dispositifs capables de détecter, enregistrer et transmettre des informations concernant des changements biologiques ou la présence de diverses substances chimiques ou biologiques dans un environnement donné. Techniquement, un biocapteur est une petite sonde qui intègre un composant biologique, comme par exemple une bactérie ou un produit biologique (anticorps, enzyme, etc.) et un composant électronique pour capter un signal mesurable. Les biocapteurs, qui diffèrent sensiblement dans leurs conceptions et dans leurs tailles, sont utilisés pour suivre des changements d'environnement. Ils peuvent mesurer la concentration d'une bactérie, d'une substance chimique indésirable ; ils peuvent mesurer un niveau d'acidité (pH).

Les biocapteurs trouvent de façon croissante des applications en médecine. A terme, on disposera de batteries de puces qui assureront collectivement le monitoring des fonctions du corps humain. Pour le moment, il s'agit de mesurer des paramètres élémentaires, tels que : la température, la pression sanguine, le niveau d'oxygénation, le pouls, etc. Des projets existent qui visent à identifier et localiser des tissus cancéreux, l'état d'un diabète sans prélèvement sanguin, par exemple.

Dotés de moyens de communication et d'une alimentation en énergie, les signaux issus de ces capteurs peuvent être combinés, faire l'objet de calculs, et alimenter des systèmes d'information

On évoquera enfin, bien que les applications potentielles en santé de ces sciences (et technologies associées) soient éloignées de notre sujet, les nanosciences du vivant. Ainsi, il

existe des projets de recherche très avancés autour de l'étude de la migration transmembranaire à partir d'observations nanométriques. Ces sciences, qui s'intéressent à des objets de taille voisinant 10^{-9} m ouvrent des perspectives intéressantes dans les domaines de la communication trans-membranaire des médiateurs chimiques, des métabolites, ou dans la compréhension des structures et modes d'action des protéines et des génomes. Les perspectives médicales concernent des méthodes diagnostiques ou thérapeutiques *in situ*, d'une finesse et d'une précision incomparables. Ce thème est à la frontière du champ de ce travail, mais peut avoir un impact important sur les besoins en calculs et systèmes de représentation, abordés dans la suite.

Addendum 1**CRITICITE : Grands défis d'intégration**

DOMAINE	Eléments critiques	Commentaires
Gestion : évaluation des performances des communautés de pratique coopérant à distance autour de systèmes techniques	Méthodes et outils d'observation en situation Concept de présentiel, d'interaction assistée Dynamique de groupe	Classes B et C
Systèmes : Intégration de l'ensemble des outils nécessaires à la création de valeur globale	Intégration multi-technologique Optimisation globale : performances techniques, fiabilité, disponibilité, sécurité, sûreté de fonctionnement	Classes B, C et D
Gestion des connaissances : interaction entre praticiens et systèmes de gestion des connaissances	Représentation des connaissances, Traitement linguistique. Productivité autour des outils Apprentissage comportemental	Classes B, C et F
Gestion des connaissances : technologies de stockage et de gestion des sources d'information et de connaissances	Pertinence, rapidité des recherches Puissances de traitement Stockage de longue durée	Classes D et F
Transmission, accès à distance de données multimédia de gros volume, incluant des exigences de performance (vitesse, disponibilité...)	Contrôle commande à distance Très haut débit Disponibilité Multiaccès multimédia	Classes D, E et F
Gestion, ergonomie, technologies d'interface pour l'utilisation locale des systèmes techniques	Adaptation à l'état de fatigue, à l'évolution des capacités de l'utilisateur Conversion signaux –commandes Sécurité ergonomique	Classes E et F
Systèmes : intégration locale de terminaux, implants, dispositifs communicants, de façon économique et fiable	Intégration multimédia Fiabilité, disponibilité Standardisation des interfaces	Classes C, D et F
Intégration miniaturisée de composants électroniques multiples dans une logique multifonctionnelle	Multifonctionnalité Connectique Alimentation en énergie	Classes D et E
Interaction entre dispositifs électroniques, biocapteurs et systèmes humains, tissulaires, cellulaires	Tolérance Qualité des signaux physiologique Tenue dans le temps Invasivité	Classes E et F

Addendum 2

Maturité technologique (4 Sources)

SOURCE 1 : GARTNER 2007

Technologies et standards	Classe (Document CGTI)	Maturité G	Adhésion (au sens du Gartner)
Microscope numérique	F2	5 à 10	A
ICD – 10 CM (US) *	D6	5 à 10	A
Web sémantique Santé	C3	> 10	A
Produits de santé communicants	E2	5 à 10	A
Robots d'aide à la mobilité	F6	5 à 10	A
ERP santé *	D1	< 2	A
Continua *	D6	5 à 10	A
Standardisation/gestion des dispositifs médicaux	E2	5 à 10	B
Blue Tooth *	D6	5 à 10	B
Grilles (« Grid computing »)	F8	5 à 10	B
Gestion du cycle de vie de l'information	D2	5 à 10	B
Interopérabilité sémantique	C3	> 10	B
« Blade » PC *	E1	2 à 5	B
Reconnaissance de l'écriture	F5	2 à 5	B
IHE/EHR *	D6	5 à 10	C
Serveurs virtuels	D3	2 à 5	C
Workflow/BPM Santé *	D2	2 à 5	C
Traitement en langage naturel des documents	C4	2 à 5	C
Messages HL7 V3 *	D6	5 à 10	C
Continuité du dossier de soin	D3	2 à 5	C
Traitement en langage naturel (du texte aux faits)	C4	2 à 5	C
Identification nationale du fournisseur	D6	2 à 5	C
PDA intégré avec des CPR *	D3	Obsolète avant maturité	C
Biométrie	G	2 à 5	C
SOA pour l'intégration des applications de santé *	D3	5 à 10	C
Reconnaissance de la parole (Once & Done)	F5	5 à 10	C
Architecture orientée service (SOA)	D3	5 à 10	D
User Provisioning	C4	5 à 10	D
Modèle de données opérationnel CDISC *	F3	5 à 10	D
Intégration des dispositifs médicaux	D3	< 2	D
Systèmes d'antennes distribuées	D3	2 à 5	D
HL7 CDA R2 *	D6	2 à 5	D
Profils de base service Web	C4	5 à 10	D
Tablet PC pour la santé	E1	< 2	D
Protocoles de Voix sur IP *	F9	2 à 5	D
PKI d'entreprise *	F1	2 à 5	D
Single sign on	F1	2 à 5	E
Object Workgroup	D3	< 2	E
EDI direct *	D3	< 2	E

* Voir glossaire en fin de tableau

Applications et systèmes	Classe	Maturité G	Adhésion
Aide à la décision patient	C2	> 10	A
Outil personnel de gestion de la santé	C2	5 à 10	A
Dossier médical personnel	C2	5 à 10	A
Télépathologie	C4	5 à 10	B
Suivi analytique des ressources humaines professionnels de santé	C1	5 à 10	B
Gestion des entrées-sorties et de la logistique	C1	2 à 5	B
Documentation pré & postopératoire (anesthésie, ordonnancement)	C2	5 à 10	B
Système intégrés clinique/finances	C1	5 à 10	B
Portails patient (administration et finances)	C4	5 à 10	B
Système de gestion financière nouvelle génération (US)	C1	5 à 10	C
Télé médecine, Monitoring à domicile	C4	5 à 10	C
Accès CPR via terminal multimédia au lit du patient *	C4	Obsolète avant maturité	C
Dossier patient sur calculateurs 3G	C1	2 à 5	C
Système d'information des urgences	C1	2 à 5	C
Kiosque s'information patient en libre service	C4	< 2	C
ERP (SOA) *	D1	2 à 5	C
Portail patient (éléments cliniques)	C4	2 à 5	C
Télé médecine (unités de soins intensifs)	C4	5 à 10	C
Prescription électronique	C2	2 à 5	C
Traçabilité du capital santé (sans fil)	C2	2 à 5	C
Télé-consultations	C4	2 à 5	D
Hébergement à distance	D3	5 à 10	D
Dossier médical ambulatoire	C1	2 à 5	D
Saisie d'ordonnances assistée par ordinateur	C4	2 à 5	D
Système d'information du service des urgences	D1	< 2	D
Dossier patient sur calculateur 2 G	C1	Obsolète avant maturité	D
Gestion de crise et continuité des affaires	C1	5 à 10	D
Systèmes d'imagerie de cardiologie	C3	< 2	E
Système d'agenda patient (prises de rendez-vous ?)	C1	< 2	E

SOURCE 2 : DGE 2006

Télétest	F9	< 2	
Communication appareil-station	F9	< 2	
Dossier médical personnel	C2	< 2 ?	
Sécurité des données	F1	< 2	
Visioconférence domicile patient	C4	< 2	
Localisation des personnes	D5	disponible	
Télésurveillance appareils fixes	D5	disponible	
Capteurs portables intégrés	D4	5 à 10 ?	
Nanocapteurs implantés	D4	> 10	
Téléalarme	D5	disponible	
Suivi médical (Disease managt)	C4	< 5	
Mesure en poste fixe	E2	< 5	
Centrale d'analyse	D4	< 5	
Capteurs embarqués	E2	5 à 10	
Capteurs implantables	E2	> 10 ?	
Télétraitement capteurs	F3	< 5	
Microcapteurs-actionneurs	E2	5 à 10	
Nanocapteurs actionneurs	E2	< 10	
Capteurs d'actimétrie	E2	< 5	
Domotique santé	E2	< 5	
Dispositifs médicaux portables	E2	< 2	
Systèmes d'aide à la mobilité intelligente	D4	> 10	
Exosquelette commandé BCI *	F6	> 10	

SOURCE 3 : CGTI 2007

Support de travail collaboratif et partage des connaissances	D2	< 2	E
Systèmes hypertextes ouverts/distribués	F3	2 à 5	C
Gestion de documents électroniques	D2	< 2	B
Archivage, PACS *	F3	< 2	E
Accès multiple/intégration multimédia/assistance en ligne	F5	2 à 5	A
Modélisation et extraction de données et de connaissances	F3	5 à 10	B
Gestion de contenu, Métadonnées	F3	5 à 10	A
Gestion de l'accès à l'information	F4	5 à 10	A
Systèmes de représentation des connaissances	F4	> 10	C
Intelligence artificielle	F5	5 à 10	C
Interface utilisateur	F5	5 à 10	A

SOURCE 4 : ALCIMED 2007

Robots d'assistance à la manipulation 2G	F 6	< 2	
Robots d'assistance à la manipulation 3 G	F 6	5 à 10	
Robot assistant	F 6	> 10	
Médialexie	F 5	< 2	
AT handicap auditif Pour téléphonie	E 3	< 2	
Interface langage naturel	F 5	5 à 10	
Conversion oral-écrit en temps réel	F 5	5 à 10	
Interfaces haptiques	F 5	> 10	
BCI *	G	> 10	
Logiciels de stimulation cognitive	F 6	< 2	
Outils de réalité virtuelle 1 G	F 5	5 à 10	
Réalité virtuelle : systèmes d'analyse du mouvement	D 4	> 10	

Glossaire / sigles

BCI	: Brain Computer Interface
Blade PC	: PC contenu dans une carte enfichable
Blue Tooth	: Technologie de réseau personnel sans fil
BPM	: Business Process Management
CDA	: Clinical Document Architecture
CDISC	: Espace de stockage sur PC
Continua Health Alliance	: Association d'entreprises internationale autour de l'interopérabilité de solutions technologiques visant la santé des personnes
CPR	: Cardio Pulmonary Resuscitation (réanimation cardio-pulmonaire)
EDI	: Echange de données informatisé
ERP	: Enterprise Resource Planning (en français PGI- Progiciel de Gestion Intégré)
HL7	: Standard définissant le format des échanges de données cliniques, financières, administratives entre SI hospitaliers
ICD – 10 CM	: “International Classification of Diseases and Related Health Problems – 10th revision - Clinical Modification” (en français : CIM 10 –Classification Internationale des Maladies)
IHE/EHR	: « Integrating the Health care Enterprise » : association visant les échanges et l'intégration des logiciels de différents fournisseurs en santé. Elle s'intéresse entre autres aux échanges entre données électroniques (standard EHR : Electronic Health Record)
IP	: Internet Protocol
PACS	: Picture Archiving and Communication System
PDA	: Personal Digital Assistant
PKI	: Public Key Infrastructure : système de gestion de clés publiques (en français IGC – Infrastructure de Gestion de Clés)
SOA	: Service Oriented Architecture