

LA SANTE : UNE IMPLICATION PARTAGÉE

L'alliance du Médecin et de l'Ingénieur

13h15-14h00 Accueil des participants

14h00-14h30 Ouverture de la JNI

- Xavier Tabary, Directeur de l'établissement Montpellierain de Sanofi
- Jean-Paul Girardot, Président d'IESF-LR
- Jean-Yvon Soulier, Président des Régions IESF

14h30-15h00 Introduction

- Qu'est-ce qu'attend la médecine des ingénieurs et des scientifiques, Jacques Bringer, Doyen de la faculté de Médecine de Montpellier
- L'ingénieur et le médecin, Michel Zanca, Professeur de médecine et ingénieur

15h00-16h30 Conférences

- La technologie au service de l'innovation thérapeutique, Yannick Bentz et David Dronneau (SANOFI)
- L'ingénieur au service du diagnostic, Sylvain Jacquemin (HORIBA)
- Evolution du séquençage et ses applications médicales, David Baux (CHU/INSERM Montpellier),

16h30-17h00 Pause

17h00-18h00 Conférences

- Les enjeux de la Robotique médicale, Bertin Nahum, PDG de MEDTECH
- LIRMM et Santé : quelques exemples de recherche et d'innovation, Philippe Poinet, Directeur du LIRMM.

18h00-18h30 Discussions, échanges.

18h30-19h00 Synthèse et conclusion :

- Jean-Claude Artus, Professeur émérite, secrétaire général d' ARCOPIED
- Michel Rateau, Pilote JNI pour IESF Languedoc-Roussillon

19h-20h Cocktail

<http://iesf-lr.org>

IESF-LR - Bâtiment POLYTECH' Université de Montpellier, Campus Triolet CC 425 - Place Eugène Bataillon -34000 MONTPELLIER .
Mail: contact@iesf-lr.org Téléphone: 04 67 14 31 03

LA SANTE : UNE IMPLICATION PARTAGEE

L'alliance du Médecin et de l'Ingénieur

Inspirée au départ par l'Ingénierie de la Santé, enseignements de la Faculté de Pharmacie de Montpellier, promue par Monsieur le Doyen et Professeur Jean-Louis CHANAL, depuis plus de vingt ans, cette orientation des IESF LR a eu pour but d'essayer de comprendre comment pouvaient s'établir des relations entre le monde scientifique /technologique et la recherche médicale, plus généralement avec la médecine.

Toutefois, bien que très intéressante, il était difficile de se limiter à une approche de la seule pharmacologie quand bien même son orientation se veut Recherche& Développement.

Ainsi, l'orientation de la JNI 2016 a fait l'objet d'une large discussion parfois très animée au sein de la Commission et il a été difficile dans un premier temps, d'en extraire une orientation.

Après avoir évoqué tous les cas de figures possibles et imaginables, un consensus a été trouvé naturellement pour dire qu'il n'y avait pas véritablement de règles dans les relations qui pouvaient s'établir entre la médecine, la science et la technologie.

Et finalement, au regard des acteurs potentiels disponibles susceptibles d'intervenir durant cette journée où chacun a pu apporter son éclairage à ce thème, le HASARD a, en quelque sorte bien fait les choses.

En fait, il ne s'agissait pas de donner une appréciation des conséquences sociétales à cette relation mais d'en évaluer les différentes modalités circonstances/modes/organisations qui pouvaient s'établir entre des mondes qui se sont très largement ignorés, il y a encore un siècle.

Enfin, en tant qu'Ingénieurs et Scientifiques, notre souci a été aussi de savoir ce qu'il était possible d'apporter à la santé plus généralement, pour contribuer à l'amélioration des diagnostics et traitements des patients, à leur sécurisation, à diminuer leurs souffrances et à la résolution de leurs pathologies.

Ainsi, il a été possible d'apprécier à travers les diverses contributions, les différentes modalités d'apports et attentes des uns et des autres dans ce processus relationnel qui s'est construit dans le temps en fonction des circonstances et des opportunités.

On serait aussi tenté de dresser une hiérarchie de relations plus ou moins importantes et contraignantes qui ont pu s'établir entre ces acteurs.

Les différentes interventions montraient naturellement le caractère varié et diversifié de l'apport des Ingénieurs/scientifiques.

Au préalable, le Vice-président des IESF, Jean-Yvon SOULIER, a rappelé ce qu'était la Fédération IESF et comment à travers son rôle et son devenir certain dans la société et sa vision pragmatique, ils étaient susceptibles de conduire à des projets ayant le sens attendu par la société. Il a rappelé le désir des pouvoirs publics de donner principalement aux IESF la charge du

rayonnement intellectuel, économique et scientifique de la France. Le LIVRE BLANC en cours de rédaction rassemblera l'ensemble des éléments constitutifs de leurs vocations et rôles dans la société.

En introduction, Monsieur le Doyen BRINGER de la Faculté de Médecine a posé le problème : que peut attendre la médecine de la technologie et de la science,... et de leur contribution face à l'importance des maladies chroniques considérées comme un enjeu humain et économique pour ce siècle.

Il estime que la médecine restant au centre des attentes et métiers, se doit d'évoluer en se fondant sur de nouvelles formations pour une pratique médicale plus centrée sur une médecine personnalisée, cette dernière devant être toujours plus précise, rapide, et organisée sans oublier qu'elle doit garder « toute sa dimension humaine ».

Avec le vieillissement, un enchaînement de maladies est à craindre en raison de l'allongement de la durée de vie et le souci est de maintenir en bonne santé les bien-portants. A ce titre, on ne s'était pas suffisamment intéressé à une recherche dans le champ de la santé mais beaucoup plus aux pathologies.

Si la santé est aussi du domaine des sciences humaines « *Etre humain en soins, c'est avoir de façon innée ou acquise la lecture émotionnelle de l'autre* », les technologies de l'information et de la communication peuvent constituer un apport indéniable en particulier dans le champ de certaines spécialités médicales.

Pour justifier son propos, Monsieur le Doyen BRINGER évoque les systèmes utilisés dans le cadre de sa spécialité, l'endocrinologie, en particulier pour le diabète lesquels disposent désormais d'une lecture de la glycémie non invasive, en continu, et particulièrement pour les patients traités par insuline (700.000 personnes), voire d'une système combiné pompe/capteur. Une avancée prodigieuse dans le confort journalier des patients !

Néanmoins, ces systèmes relèvent d'une recherche et d'un développement extrêmement pointus, ne laissant aucune place à l'empirisme ; de ce fait, l'apport de l'Ingénieur n'est pas contestable voire déterminant dans le traitement de cette maladie chronique et il est difficile de dire que le rôle du médecin est décisif, sinon pour constater un état de fait, dans la mesure où il ignore tous des moyens potentiels technologiques disponibles.

Dans une autre forme relationnelle particulière, Monsieur le Professeur Michel ZANCA, Ingénieur de formation a bien analysé la relation ingénieur/médecin en laissant penser qu'il pouvait être les deux à la fois,.... et qu'il devait l'être !

C'est sous l'angle de la neurologie, en rappelant la notion de neurones miroirs, qu'il est possible de comprendre la manière de conceptualiser les uns et les autres partant du constat qu'il était nécessaire de savoir comment se structure le cerveau en fonction des activités de chacun. Au préalable, il rappelle des principes généraux du constat neurologique qui est aussi de permettre de mieux appréhender ces relations entre médecine et science/ technologie.

« Si le cerveau de l'homme élabore une réalité qu'il confronte au monde réel, la même démarche oriente son comportement scientifique. Le cerveau du mathématicien prévoit et théorise par les intuitions que lui suggèrent ses capacités d'abstraction, modélisant la nature par des lois ; par contre, le cerveau du scientifique observe et mesure la nature, la confronte aux théories, en vérifie les prévisions et retient les lois en accord avec les observations.

Le cerveau de l'ingénieur est celui d'un inventeur; il met en pratique, adapte, voire détourne les connaissances accumulées et transforme le monde par sa technologie alors que le cerveau du médecin est celui d'un praticien ; artisan du concret, il observe, confronte aux connaissances acquises et utilise les outils des ingénieurs en les appliquant dans l'art difficile du diagnostic et des soins aux malades. Or, le cerveau ne s'ajuste pas à un cadre ordonné préalable, il invente ses règles d'action et sa propre cohérence fonctionnelle ».

C'est essentiellement par un ensemble d'exemples s'appuyant sur l'imagerie médicale que ce dernier a montré dans ce domaine, l'interaction forte entre médecine et technologie. La preuve est faite par les différents moyens utilisés pour détecter précocement les causes de démence les plus couramment rencontrées dans nos populations ; de la maladie d'Alzheimer, en passant par les démences vasculaires, les démences fronto-temporales jusqu'aux maladies amyotrophiques, les technologies les mieux adaptées peuvent être utilisées allant de l'IRM(imagerie par résonance magnétique) fonctionnelle à l'étude volumétrique des structures anatomiques cérébrales par segmentation en passant par la tomographie à émission de positrons(TEP) devenue aussi une modalité d'imagerie majeure en oncologie thoracique.

C'est encore dans le domaine de l'imagerie par résonance magnétique qu'il est possible de constater que la médecine, importante utilisatrice de cet outil, n'y est pour rien dans ses développements. L'exemple de l'IRM à 11,7 Teslas... est le fruit de la coopération entre biologistes et physiciens du CEA.

Les ingénieurs de SANOFI ont expliqué en quoi leur rôle pouvait être un apport à l'innovation thérapeutique,....

Pour le justifier, ils ont rappelé ce que représentait SANOFI, 16200 collaborateurs dans le monde entier, dédiés à la recherche et au développement de solutions thérapeutiques innovantes avec 4 plate-formes de R&D en Europe, aux USA, en Asie et dans le Pacifique, correspondant à des unités de recherche dans plus de 40 pays permettant le développement en cours de 44 vaccins

et molécules pour les patients avec un investissement de 5,26 milliards d'€ dans la recherche&développement en 2015. Ainsi, le fort développement des activités a des conséquences directes sur l'organisation de la production, le stockage des médicaments et de leur livraison mais aussi sur l'emballage et les conditions de préservation. Les ingénieurs ont présenté une face cachée, souvent ignorée mais aussi déterminante de leur contribution aux soins des patients et à l'administration des médicaments.

Comme le rappelait Elias Zerhouni, Président R&D de SANOFI « *La R&D est par essence un travail d'équipe visant à connecter les milliers de connaissances isolées nécessaires à la découverte d'un traitement, d'une solution* ». Là encore, on s'aperçoit que cette dimension échappe totalement à une pratique classique de la médecine car elle nécessite des moyens et investissements très importants faisant appel à une très large multidisciplinarité et un important niveau de spécialisation.

HORIBA a de son côté, expliqué comment l'ingénieur pouvait faciliter le diagnostic,....

Il s'agit là encore d'une autre forme de relation entre le médecin et l'ingénieur. Monsieur JACQUEMIN, Directeur de l'Innovation représentant une entreprise créée au lendemain de la seconde guerre mondiale à KYOTO a précisé les orientations des activités de son entreprise principalement dans les systèmes de mesures et d'analyses des gaz, liquides et solides.

Dans le domaine médical, l'entreprise s'est donc diversifiée principalement dans l'élaboration de systèmes de diagnostic en hématologie, analyseur à haute sensibilité du CRP (taux de protéine C réactive) et d'analyseur de glucose. Il s'agit donc essentiellement d'instruments liés aux analyses médicales.

Pour justifier le rôle de l'ingénieur, il s'appuie sur l'instrument, qui constitue un élément essentiel entre le clinicien et le biologiste qui peut à la fois intervenir en terme de validation clinique mais aussi anticiper les besoins thérapeutiques. De ce fait, il est à même d'anticiper les paramètres essentiels qui serviront à la décision clinique. Ce rôle s'apparente beaucoup plus à une réponse aux acteurs de santé ; il sort de sa spécialisation et devient un concepteur de systèmes pour intégrer, dès la conception, les contraintes de production et les services après vente indispensables.

Dans ce contexte, l'ingénieur contribue à dispenser une information réciproque entre acteurs différents du monde médical, la biologie et la médecine.

David Baux, Ingénieur Hospitalier, CHRU de Montpellier montrait très clairement avec le séquençage des acides nucléiques et de nouvelles méthodes d'accès à l'information génétique que cette approche pouvait être un apport indéniable à une "médecine plus personnalisée",.....

L'exploration des séquences nucléotidiques des molécules d'ADN et ARN est devenue un des axes prioritaires des sciences biologiques avec l'évolution très rapide des méthodes de séquençage. Ce qui aujourd'hui permet de connaître entièrement le génome humain. De nouvelles méthodes de séquençage comme celui de l'exome (partie du génome/exons, c'est-à-dire des gènes qui sont exprimés pour synthétiser les produits fonctionnels sous forme de protéines) permettent par exemple, de constituer des tests génétiques afin de comprendre les mutations causales sur un nombre toujours croissant de patients.

Par exemple, les investigations actuelles permettent un diagnostic prénatal non invasif (utilisation de fragments d'ADN fœtal circulant dans le sang maternel).

Pour la réparation de ces mutations avérées, outre les techniques utilisées en virologie, une technique récente, qui semble beaucoup plus efficace, utilise une enzyme dénommée Cas 9, une endonucléase spécialisée pour couper l'ADN. Elle est associée aux séquences de "répétitions courtes regroupées et régulièrement espacées de type palindromique complémentaire" qui sont des familles de séquences répétées dans l'ADN ; elle permettrait de modifier plus rapidement le génome humain bien que cette observation ait été faite sur des bactéries mais l'approche pose des problèmes d'éthique. Il serait donc possible avec cette « réparation génétique » de modifier les ou les gènes mutés et d'anticiper les possibilités de développement d'une maladie génétique. Il faut néanmoins préciser que connaître les mutations génétiques qui sont susceptibles de conduire ou ont conduit à différentes pathologies est une chose mais éventuellement les corriger et réparer l'ensemble des conséquences en est une autre !

Cette approche assez révolutionnaire pourrait ouvrir également la voie à de nombreuses solutions de thérapie génique telles que la guérison du cancer, de la mucoviscidose, de l'hémophilie ou de la maladie d'Alzheimer.

A noter, dans ce domaine, le médecin devient totalement dépendant de la science...

Monsieur BLONDEL, Directeur de la R&D de l'entreprise MEDTECH et le directeur du LIRMM, Monsieur POIGNET montraient tout aussi clairement qu'il était possible de développer des instruments à finalité médicale sans que le médecin ne les demande nécessairement par ailleurs,....

Le médecin peut être aussi conduit à faire le choix d'outils d'aide à ses manipulations chirurgicales comme par exemple l'implantation d'électrodes pour traiter une maladie de Parkinson. Dans ce cas, les électrodes vont stimuler les zones visées du cerveau du patient caractérisant les tremblements. Avec la précision du bras robotisé, le chirurgien va améliorer la précision du positionnement de ses instruments.

Le médecin devient un utilisateur des technologies mises au point lesquelles lui apportent toute la précision requise à son exercice.

Il est bien évident que de tels instruments ne peuvent être l'œuvre de la médecine car ils demandent certes une connaissance de l'anatomie mais surtout et avant tout, la connaissance d'un « amalgame » assez redoutable et complexe d'informatique, robotique, et de mécanique de précision, principalement, en raison des difficultés d'accès à certains tissus ou organes.

De son côté Monsieur POIGNET faisait état de l'ensemble des investigations du LIRMM dans le domaine médical.

C'est dans une quinzaine de domaines liés à la santé que le LIRMM s'est investi. Pour résumer, il s'agit d'abord de la robotique médicale et du mouvement artificiel, essentiellement en assistance de personnes en situation d'handicap ou de dépendance. En bioinformatique, il développe de nouvelles méthodes pour analyser les grandes quantités de données issues des projets de séquençage génomique concernant le VIH, le cancer et le paludisme ; il est aussi présent en imagerie médicale ainsi que dans des spécialités médicales diverses et variées comme l'ophtalmologie ou la neurostimulation de l'insuffisance cardiaque. Il s'est aussi fixé pour objectif de développer de nouvelles méthodes et logiciels pour le traitement des grandes masses de données biologiques avec des applications dans différents domaines et plus particulièrement, dans celui de la santé.

En raison de la variété des directions du LIRMM, la recherche sur la santé n'apparaît pas comme un projet très intégré ; il semble que dans un premier temps, le LIRMM ait voulu répondre aux besoins du monde médical pour se forger une idée de sa représentation.

Par conséquent, cette relation médecin/ingénieur semble assez atypique ; pour les uns, il s'agit de découvrir le monde de la santé et mettre en pratique un acquis certain de connaissances en informatique, robotique et microélectronique et pour les autres, de disposer des résultats de ces connaissances pour tirer toute la quintessence de cette alchimie dans la pratique des interventions médicales.

Si les capacités du LIRMM ne sont pas contestables, les conditions contractuelles et pratiques de ce mariage pourraient mériter une meilleure définition et plus particulièrement dans les projets interuniversitaires.

Enfin, en concluant de cette journée, **Monsieur le Professeur ARTUS**, Secrétaire Général d'ARCOPRED attirait l'attention, à juste titre, sur ce qu'impliquait cette relation particulière au regard de la société, se fondant sur des réflexions partagées avec Yves BRECHET, Membre de l'Académie, relatives à « la science, la technologie et la société ».

Tout d'abord, il ne fallait pas nier le constat d'une évolution très rapide d'une l'inter-disciplinarité de plus en plus importante entre les sciences de l'ingénieur et la médecine, ensuite

l' « empowerment » lié au poids accru des associations d'usagers et à une tendance de patients à «l'automédication». Ces situations ne peuvent laisser indifférents, en particulier par le développement de la « e-santé ». Enfin, l'obscurantisme de notre société et de nos décideurs politiques sur ce sujet est devenu très inquiétant. En effet, si ces comportements, comme des évènements de société apparaissaient fondés, ils mériteraient d'être pris en compte par le Législateur.

Ces quelques cas pris au hasard des intervenants disponibles pour participer à cette journée montrent que ces relations sont complexes et qu'il n'y a pas véritablement un processus relationnel déterminé mais un ensemble de relations qui s'efforcent de répondre aux besoins des uns et des autres dans des conditions déterminées.

La question qui se pose, est bien évidemment celle de savoir si ce type de relations entre le Médecin et l'Ingénieur/Scientifique regroupe toutes les conditions de l'optimalité ; ce qui au regard des exposés ne semble pas réalisé. En effet, si la médecine a trouvé son efficacité dans la spécialisation pour des questions techniques, pratiques et financières, cette dernière tend à ériger des barrières.

De ce fait, il apparaît très clairement que le médecin a une grosse difficulté à agréger plusieurs technologies pour améliorer tant leurs examens que leurs interventions. De plus, ayant une relation privilégiée et quasi-obligatoire avec les patients, on observe très souvent des « abus d'une situation en monopole de pouvoir » qui nuisent à l'information, à la situation et au traitement des patients.

Les technologies de l'information indispensables à la médecine mais aussi aux patients devraient limiter des situations (rétention d'information, par exemple) qui deviennent pour les patients parfois « insupportables ».

Notre but qui était de montrer qu'il pouvait s'établir **un ensemble de situations** de complémentarité, non nécessairement préétablies et qu'il existait une "**part de hasard**" dans les progrès réalisés en médecine dans ses différentes spécialités grâce à la science et la technologie, a été parfaitement atteint.

Mais d'une manière générale, les groupements interdisciplinaires de recherche liés à la compréhension du fonctionnement du vivant remplaceront indubitablement les diagnostics contingentés traditionnellement autour du patient pour être beaucoup plus systématiques comme le sont par exemple, les recherches sur le génome exigeant des méthodes de décryptage et de traitement des données très sophistiquées et importantes mais dont le coût devient de plus en plus abordable pour les systèmes de santé.

Par exemple, l'intérêt de l'accélérateur linéaire en médecine nucléaire pour le traitement des tumeurs en est un très bon exemple, par l'utilisation du Bremstrahlung (rayonnement continu de freinage); ce ne sont pas les médecins qui ont demandé aux chercheurs en physique nucléaire de mettre au point ce processus... mais ce rayonnement a répondu à une attente des médecins.

Dans le même ordre d'idées, l'optique adaptative n'est pas sortie de l'Hôpital des Quinze vingts de Paris mais de l'Observatoire de Meudon. Et c'est un ingénieur devenu médecin ophtalmologiste qui a eu l'idée de se servir d'un logiciel de cet Observatoire, pour corriger un front d'onde....., en compensant en temps réel les défauts de l'oeil du patient ; ainsi, on a pu obtenir une excellente observation de la rétine à l'échelle de la cellule.

Néanmoins, il faut garder à l'esprit qu'autant la relation patient/médecin reste encore très privilégiée autant la relation médecin/ingénieur/scientifique est indispensable non seulement pour le progrès des diagnostics et traitements des pathologies de toute nature mais aussi pour la compréhension du vivant.

Si les hommes sont égaux en droit, ils ne le sont pas au regard de la nature ; certains naissent en leur laissant espérer une longue vie sans problème de santé, d'autres en rencontreront toutes les vicissitudes...

La Médecine du Futur sera-t-elle en mesure de corriger ces disparités ?

Une chose est certaine toutes les techniques d'information disponibles vont contribuer de plus en plus à anticiper les pathologies les plus graves ; il restera à pratiquer les dépistages précoces nécessaires à la confirmation de leur potentiel développement avec l'objectif d'y trouver une solution.

L'accès à une information et à des diagnostics informatiques plus larges et plus détaillés limitera les erreurs humaines et de diagnostics encore trop nombreux, du monde médical. De ce fait, le rôle du médecin « au sens général » risque de devenir de plus en plus limité en apparaissant comme un « interpréteur » des informations acquises et fournies par la technologie.

Il n'y a guère de doute sur le fait que la formation des futurs médecins sera d'abord et avant tout scientifique et liée au préalable, aux sciences de l'ingénieur.

Enfin, il faut aussi que cette nouvelle approche de la médecine qui se dessine pour l'avenir, reste accessible à tous et à des coûts qui ne remettent pas en cause la mutualisation de ces risques de santé.

C'est dans le prochain magazine des IESF dédié à ces travaux que nous tenterons de répondre à ces interrogations....

On ne pouvait pas conclure cette journée sans rappeler la contribution de la Société SANOFI et la remercier de son accueil particulièrement chaleureux, des interventions des autres sociétés

comme MEDTECH et HORIBA et l'Ordre Professionnel des Ingénieurs Conseil ainsi que l'Institut Polytechnique de l'Université toujours présent à nos côtés. L'intelligente contribution de l'APAVE et d'ALSTRAD a permis de donner toute la dimension que méritait cette journée.

Dr-Ing. Eric Ternon

C.N.Arts&Métiers de Paris/Université d'Orsay

Membre du Conseil d'Administration d'

ARCOPRED Prévention&Dépistage