



## LE CORPS HUMAIN EST-IL DEVENU TRANSPARENT ?

André Bonnin

Mardi 19 décembre 1989

Mardi 19 décembre 1989, André Bonnin, professeur à la faculté de médecine de Cochin Port-Royal, nous a proposé la conférence : "**Le corps humain est-il devenu transparent ?**".

"Le corps humain est-il devenu transparent ?" est une question que l'on peut se poser devant la formidable avancée des techniques de l'imagerie médicale au cours de ces dernières années.

Cette imagerie médicale, qui recouvre l'ensemble des procédés permettant la mise en images de l'intérieur du corps humain, n'est pourtant pas une aventure récente. Elle a commencé il y a presque un siècle. Mais ce qui est intéressant c'est qu'elle soit capable de nous dévoiler aujourd'hui la quasi-totalité du corps humain. Des progrès considérables qui ne vont pas sans poser de nouveaux problèmes, non seulement médicaux, mais également industriels, voire moraux.

Toutefois, avant d'évoquer ces problèmes, il convient de brosser un large panorama de ces techniques.

Pour rendre compte de leur évolution et de leur complexité, le meilleur moyen est de suivre l'ordre chronologique de leur apparition sur la scène médicale.

\*  
\* \*

Ainsi peut-on considérer l'année 1895 comme l'an 1 de l'imagerie médicale. C'est en effet à cette date que le physicien allemand Roentgen découvrait les rayons X qui allaient permettre la mise au point de la **radiologie**, première née de l'imagerie médicale.

Une découverte faite presque par hasard, mais que le savant d'Outre-Rhin a eu le génie de savoir exploiter pour visualiser notre corps.

Ces rayons X sont obtenus en réalisant une énorme différence de potentiel entre deux électrodes placées dans un tube où le vide a été fait. Des électrons arrachés à l'une des électrodes vont alors frapper l'autre et donner naissance à ce mystérieux rayonnement qui possède la propriété de traverser la matière en étant plus ou moins absorbé par elle.

Lorsque le corps est soumis à ces rayons, il les absorbe lui aussi de façons différentes selon l'organe rencontré. On transcrit cette différence d'absorption en impressionnant plus ou moins une plaque photographique qui donne un reflet de la région ainsi explorée. On obtient alors une image fixe de l'intérieur du corps. Pour voir les choses en mouvement, on remplace la plaque photographique par un écran fluorescent. Mais, qu'il s'agisse d'une plaque photographique ou d'un écran fluorescent, le résultat est le même : les os, qui absorbent beaucoup de rayons, sont visualisés sous forme de taches blanches alors que les cavités aériques (comme les poumons et les sinus par exemple) s'inscrivent en noir. En revanche, entre ces deux extrêmes, les muscles et tous les autres organes donnent une grisaille où il est difficile d'individualiser quoique que ce soit de façon utile.

Au total, c'est surtout l'image de notre squelette et de nos cavités aériques que l'on obtient à priori grâce à la radiologie. Mais en trichant un peu, il est possible de visualiser d'autres organes et notamment les viscères. Il suffit pour cela de remplir l'intérieur décelable par un produit qui arrête les rayons X (comme les sels de baryum ou les produits iodés) pour que leurs cavités se dessinent à leur tour sur la plaque photographique ou l'écran fluorescent.

C'est ainsi que l'on peut voir le moule opaque de l'oesophage, l'estomac, le gros intestin, le grêle, les cavités rénales, les uretères, la vessie, la cavité utérine, la vésicule, etc. De quoi compléter de façon non négligeable notre première vision de l'intérieur du corps humain.

Mais ces images, mêmes étendues aux viscères, n'étaient pas d'une netteté parfaite : les contrastes étaient médiocres, les superpositions d'organes en rendaient difficile l'étude et, de surcroît, il fallait des doses de rayonnement relativement importantes pour les obtenir.

Aussi a-t-on cherché à les améliorer, et on y est parvenu, grâce essentiellement à trois procédés : **la tomographie, l'amplificateur de brillance et l'utilisation de l'ordinateur.**

La tomographie permet en quelque sorte d'effacer les tissus qui se trouvent devant et derrière l'organe à explorer.

Dans la pratique cela consiste à imprimer à la source de rayons X et à la plaque sensible, des mouvements linéaires de sens inverse, de part et d'autre du corps à examiner qui, lui, reste fixe. Seul un plan de ce corps reçoit donc la dose optimum de rayons et de ce fait est le mieux vu.

La deuxième amélioration a consisté à remplacer l'écran fluorescent par un amplificateur de luminance couplé à un écran de télévision. Cette façon de procéder permet de mieux voir en irradiant moins le malade, et surtout de travailler en plein jour, alors que, rappelons-le, avec l'écran fluorescent il fallait être dans le noir, utiliser de fortes doses de rayons X pour des résultats médiocres.

Plus tard, à ces deux améliorations techniques est venue s'ajouter l'utilisation de l'ordinateur.

En transformant certaines données d'absorption en chiffres (en soustrayant les chiffres inutiles, en multipliant ceux dont nous avons besoin), l'informatique conduit à des images reconstruites, nettement plus contrastées que celles de la radiologie classique. Une technique qui est notamment utilisée lors de la visualisation des vaisseaux, c'est-à-dire au cours de l'**angiographie**, car même remplis de produit de contraste ceux-ci sont mal visibles à la radio classique.

Bien entendu, malgré ces améliorations indéniables, le principe de base reste l'utilisation des rayons X, avec les dangers potentiels qu'ils présentent pour ceux qui les manipulent et pour ceux qui sont explorés. Il faut savoir en effet que les rayons X, comme toute radiation ionisante, attaquent les cellules, notamment celles qui ont le plus tendance à se multiplier, c'est-à-dire les cellules jeunes. En conséquence, les cellules de la moelle osseuse qui fabriquent en permanence les éléments figurés du sang, seront touchées en priorité avec le risque bien connu de leucémie.

De la même façon, les gamètes, c'est-à-dire les cellules de reproduction qui portent en elles notre patrimoine génétique, vont elles aussi être très vulnérables, avec cette fois la crainte de voir apparaître des malformations dans la descendance des individus irradiés.

Bien entendu il ne s'agit là que de risques potentiels qui ne se manifestent jamais en pratique médicale courante compte tenu des précautions prises aujourd'hui : diminution des doses de rayons X avec les nouveaux appareils, diminution du temps d'exposition, limitation du nombre de clichés, prise en compte de certains facteurs comme la zone à irradier, l'âge du sujet, le fait que la femme soit enceinte ou non... Des doses que par ailleurs on est capable aujourd'hui de chiffrer et pour lesquelles on connaît les limites à ne pas dépasser.

Pourtant, malgré un champ d'exploration limité à l'os, aux cavités aériques et aux viscères, la radiologie, que l'on nomme aujourd'hui classique ou conventionnelle, a été pratiquement la seule représentante de l'imagerie médicale pendant plus d'un demi-siècle.

Et puis brusquement, dans la deuxième moitié du XXème siècle, sont apparus avec une fréquence de plus en plus rapide, de nouveaux appareils d'imagerie médicale, faisant appel à des technologies les plus diverses.

C'est ainsi qu'aux alentours des années 1950 est née la **thermographie**, qui consiste à enregistrer en surface la température du corps humain à l'aide de cristaux liquides qui changent de couleur en fonction de cette température. Par la suite ces cristaux ont été remplacés par l'utilisation de caméras à infrarouges.

La température mesurée étant d'une certaine façon le reflet de la vascularisation d'une région, son éventuelle perturbation, notamment par un processus tumoral, pourra être ainsi décelée.

Plusieurs tissus ou organes peu profonds peuvent donc être explorés (les vaisseaux, les muscles, la thyroïde...) mais c'est surtout le sein qui a été le grand bénéficiaire de cette méthode.

Une méthode totalement inoffensive (aucune radiation ionisante), totalement atraumatique (aucune injection) et peu coûteuse, qui est aujourd'hui tombée quelque peu en désuétude, vraisemblablement en raison de son champ d'action trop limité.

La **scintigraphie** quant à elle, appelée aussi **médecine nucléaire**, est devenue d'une utilisation courante dans les années 1955-60. Son principe consiste à introduire dans l'organisme des isotopes radioactifs instables qui vont se fixer de façon sélective sur tel ou tel organe en le rendant radioactif.

L'enregistrement de cette radioactivité sur une plaque sensible dessine la glande à explorer. A titre d'exemple, citons le cas de la thyroïde qui utilise l'iode pour fabriquer son hormone. En introduisant dans le corps par voie intraveineuse de l'iode radioactif, on retrouvera très rapidement ce dernier au niveau de la glande. L'image que l'on obtient, proportionnelle à la radioactivité émise, dessine, non seulement les contours de la glande, mais aussi sa place, avec la possibilité d'y voir séger une tumeur sécrétante ou non.

Presque tous les organes, en utilisant différents marqueurs et surtout le technécium 99, peuvent être théoriquement explorés par cette méthode. Le foie, la rate, le pancréas, les reins, mais aussi l'os, le placenta... de quoi parfaire notre connaissance du corps humain, amorcée avec la radiologie et modestement complétée par la thermographie.

Le seul inconvénient de cette méthode est d'irradier elle aussi, comme la radiologie conventionnelle, plus ou moins le sujet qui s'y soumet.

Avec l'**échographie**, apparue en 1960, ce risque d'irradiation a totalement disparu puisque cette technique n'utilise aucune radiation ionisante.

Son principe s'apparente à celui des sonars de la marine, qui se servent des ultra-sons pour sonder le fond des mers à la recherche de sous-marins espions ou de bancs de poissons, ou plus récemment du monstre du Loch Ness. En médecine, la source d'ultra-sons, couplée à un ordinateur, permet d'obtenir une visualisation des organes dans les profondeurs humaines par calcul de la vitesse de propagation du faisceau d'ultrasons. Cette technique autorise la vision de tous les organes, à l'exception des os et de ce qui se cache derrière ces derniers et des cavités aériques.

On peut ainsi explorer le foie, les voies biliaires, le pancréas, la rate, les ovaires, la prostate...

L'échographie présente l'énorme avantage d'être, jusqu'à preuve du contraire, totalement inoffensive. Cette innocuité explique en partie l'extraordinaire essor qu'a connu l'échographie dans l'exploration de l'embryon et du fœtus.

Les ultras-sons permettent en effet de suivre leur développement et surtout de déceler d'éventuelles anomalies bien avant la naissance de l'enfant sans lui faire courir le moindre risque.

Enfin, avec la mise au point du **scanner** en 1970, le corps humain va devenir presque totalement transparent.

Bien sûr, cette machine utilise les rayons X, le principe de la tomographie et l'ordinateur déjà rencontrés en imagerie médicale, mais elle le fait de façon infiniment plus sophistiquée en donnant des images jusqu'alors impensables.

Sur les radiographies classiques l'oeil humain ne dispose que d'une douzaine de nuances de gris pour construire son image. Avec le scanner ce sont des centaines, voire des milliers de gris, qui peuvent être différenciés, permettant d'objectiver des organes jusque-là perdus dans le grisaille ambiante.

Un exemple : sur une radiographie du crâne classique on ne voit que l'os, c'est-à-dire la boîte crânienne ; en utilisant le scanner, les différents tissus qui composent le cerveau lui-même se dessinent sur l'écran de télévision dans des plans de coupes superposés ; la substance grise, la substance blanche, les faisceaux nerveux sont parfaitement différenciés dans leur plus petit détail. On croirait avoir sous les yeux une coupe d'anatomie authentique.

Ainsi en neurologie, le scanner a permis de découvrir des lésions tumorales à un stade de début, donc opérables avec de bonnes chances de succès. Cette capacité de voir les tissus humains dans leur intimité s'applique à de nombreux autres organes. Certes l'exploration du tissu cérébral a été la première grande victoire du scanner, mais le foie, le pancréas, les reins, les poumons, etc., ont bénéficié tout autant de cette avancée technologique.

Le scanner, de surcroît, voit comme la radiographie classique tous les os, mais les voit mieux.

Au total, cette technique cumule les avantages de la radiologie classique en ce qui concerne "l'homme dur" et ceux de l'écographie vis-à-vis de "l'homme mou". Notre palette de connaissances du corps humain s'élargit considérablement avec ce nouvel appareil, même si parfois les champs d'investigations de ces technologies se chevauchent.

La seule petite ombre au tableau est que le scanner, en utilisant les rayons X, irradie lui aussi légèrement les patients et qu'en conséquence son usage doit être limité et contrôlé.

On pourrait donc croire avoir fait le tour de la question concernant la transparence du corps humain et que, somme toute, avec l'apparition du scanner, l'affaire était entendue. Eh bien malgré cela, en 1980, a surgi dans le paysage de l'imagerie (le PIM pourrait-on dire, comme l'on dit le PAF pour le paysage audiovisuel français) une nouvelle technique encore plus performante que toutes les autres et surtout porteuse de promesses : **l'imagerie par résonance magnétique.**

Ce procédé n'a plus rien à voir avec les rayons X, les ultra-sons ou les isotopes radioactifs, il utilise certaines propriétés du proton : posséder à la fois un certain magnétisme et un mouvement gyroscopique. Les protons observés en médecine sont les noyaux des atomes d'hydrogène très répandus dans le corps humain.

Notre corps contient en effet environ 70 % d'eau qui, comme chacun sait, est composée d'oxygène et d'hydrogène. Partout où se trouve de l'eau il y a donc des atomes d'hydrogène et leurs protons. Comme la quantité d'eau varie d'un organe à l'autre, la quantité de protons sera en quelque sorte spécifique de chaque organe.

Sur le plan technique, on place le corps du sujet à explorer dans un puissant champ magnétique qui, modifiant l'orientation des protons contenus dans son eau, provoque de leur part une réponse : un petit mouvement qui a une certaine vitesse et une certaine fréquence. Aussi, en appliquant à ce mouvement une onde de même fréquence, on obtient un phénomène de résonance qui permet de l'amplifier et qui donne son nom à cette technique.

Cette résonance est ici transformée à l'aide d'un appareillage approprié en un petit signal électrique, que l'ordinateur traduit en chiffres et dans un second temps en images.

Ces images sont à peu près semblables à celles obtenues avec le scanner, mais avec comme énorme avantage sur lui une absence de tout danger.

Bien entendu cette affirmation de l'inocuité de la résonance magnétique doit être formulée avec prudence car nous manquons de recul même si aucun accident grave n'a été signalé au cours de six années d'utilisation.

Enfin, il faut savoir que l'imagerie par résonance magnétique étant une technique relativement récente, toutes ses possibilités n'ont pas été encore exploitées. Elle recèle assurément en elle des capacités potentielles qui la placeront sans doute au premier plan de nos appareils dans un proche avenir.

Cette résonance magnétique termine en quelque sorte notre panorama des techniques d'imagerie médicale disponibles aujourd'hui.

Il reste pourtant à dire un petit mot d'un appareil encore au stade expérimental, mais qui va sans doute très prochainement modifier à nouveau fondamentalement notre approche du corps humain, il s'agit de la **caméra à émission protonique**.

Elle utilise le principe de la scintigraphie que nous avons vu précédemment, mais remplace l'introduction d'un élément radioactif dans l'organisme par le marquage radioactif d'atomes qui s'y trouvent déjà, et ce grâce à un accélérateur de particules. En suivant le devenir des éléments ainsi marqués, en utilisant une fois encore l'ordinateur, on obtient des images de certains organes et en même temps on arrive à apprécier leur fonctionnement.

Ainsi, on va entrer dans une période où l'imagerie cessera d'être purement morphologique pour devenir également fonctionnelle. Un changement sans doute radical dans notre façon de voir cette intimité du corps.

De toute façon, qu'ils aient un siècle ou moins de dix ans d'âge, ces procédés d'imagerie médicale ont tous la même finalité : **voir l'intimité du corps humain**, autrement dit le rendre transparent. Bien entendu cet acharnement à découvrir l'intérieur du corps n'est pas guidé par une simple curiosité ; il est essentiellement destiné à mettre en évidence des lésions dans le but de les traiter. Il s'agit donc d'outils utiles aux médecins dans le premier temps de leur démarche : celui du diagnostic.

Mais depuis un certain temps, ces techniques d'exploration diagnostique deviennent aussi techniques de traitement. On parle alors, selon le procédé, de **radiologie interventionnelle**, d'**échographie interventionnelle**, de **scanner interventionnel**, etc.

Le principe repose sur le fait qu'étant sur place pour voir, on peut tout aussi bien en profiter pour guérir. Ainsi, lorsqu'une sonde est à l'intérieur d'un vaisseau pour l'opacifier on l'utilise aussi pour supprimer un éventuel rétrécissement qui s'y trouve. Par exemple, au cours de l'opacification des coronaires (les vaisseaux nourriciers du cœur), la sonde en place peut être équipée d'un ballonnet que l'on peut gonfler, pour réduire une éventuelle plaque d'athérome à l'origine du rétrécissement.

De nombreuses autres lésions ou affections digestives, rénales, neurologiques peuvent bénéficier de techniques semblables de l'imagerie interventionnelle.

Ainsi, non seulement le corps est devenu transparent, mais il est aussi devenu accessible à certaines thérapeutiques.

Mais qu'elles soient utiles seulement pour voir, ou aussi pour traiter, **l'utilisation de ces machines coûte cher**, d'autant que la plupart du temps ces procédés d'exploration se complètent. Ainsi l'emploi de l'un ne dispense pas de l'autre ; bien au contraire souvent un type d'investigation en appelle un autre.

A titre d'exemple, l'urographie intraveineuse, exploration du rein en radiologie conventionnelle, conduit, lorsqu'elle est anormale, à une demande d'échographie, voire de scanner ou de résonance magnétique. Ainsi, là où n'existait autrefois qu'une technique d'exploration, trois ou quatre procédés vont être mis en oeuvre simultanément.



Aussi, à côté du problème du choix des examens, va se poser de plus en plus le problème de leur coût. Compte tenu de l'accroissement rapide de ce coût, il est à craindre qu'un jour il ne soit nécessaire de limiter le nombre d'examens.

Ce problème économique se pose déjà pour les pouvoirs publics. Ayant la possibilité de limiter le nombre des appareils dits lourds (scanner et résonance magnétique), ils ont pendant plusieurs années retardé l'implantation des scanners et des résonances magnétiques pour permettre aux groupes industriels français, et notamment à la C.G.R., d'être en mesure de répondre à la demande. Ce protectionnisme, justifié sur le plan économique, a été préjudiciable au corps médical et surtout aux patients, mais le comble de cette aventure est que récemment tout le département "imagerie médicale" de la C.G.R. a été cédé aux Américains. Autrement dit, le retard pris dans ce domaine n'a servi à rien.

Il n'est pas valorisant de terminer un tel exposé sur des questions de "gros sous", mais un certain réalisme nous l'impose. Tout en reconnaissant l'apport considérable de tels appareils dans les progrès de la médecine, il est bon de reconnaître le "prix à payer", ne serait-ce que pour éviter que ce coût n'impose un jour sa loi aux médecins.

\*

\* \*