

## 1.6 – Histoire des nanos

**On parle de nanotechnologie depuis le début des années 2000** et le mot même date des années 1970. En fait l'histoire a commencé bien avant on peut la faire remonter à 2000 ans avec les philosophes grecs Leucipe et Démocrite qui voyaient la matière comme composé de particules indivisibles qui préfigurent en quelque sorte **les atomes**.

Mais il faut attendre le 19<sup>e</sup> siècle pour avoir quelque chose qui tient moins du concept philosophique et plus de la théorie scientifique étayée par des faits, avec la théorie atomique de Dalton qui voulait expliquer pourquoi les réactions chimiques se produisaient toujours avec des proportions fixes de réactifs.

Peu après d'ailleurs Loschmidt montre que l'atome si il existe mesure à peu près 1 nanomètre ce qui n'est pas si loin que ça de la réalité.

Au 19<sup>ème</sup> siècle, on travaille aussi déjà sur de la matière à l'échelle nanométrique, ultra divisée c'est ce qu'on appelle à l'époque **les colloïdes**. On ne les voit pas directement à l'époque mais on voit les manifestations de leurs propriétés. Ces colloïdes étaient composés soit de particules organiques issues du vivant soit de métaux.

L'atome lui même qui est au centre de toutes ces idées ne prend corps qu'au 20<sup>e</sup> siècle.

Tout commence en 1897 avec la **découverte de l'électron** par Thomson, ce qui l'amène assez vite à proposer **un modèle d'atomes** en forme de pudding donc avec une gelée positive farcie d'électron négatifs de telle sorte que l'ensemble est neutre.

Puis en 1911, avec la découverte du noyau par Rutherford, le modèle de l'atome se complique et on arrive à l'image d'un noyau positif et dense au centre entouré d'un nuage d'électrons, modèle qui se raffine progressivement au 20<sup>ème</sup> siècle avec l'avènement de la mécanique quantique.

Et dans les années 1930 on a une bonne vision de ce qu'est un atome, de ce qu'est une molécule, également des forces qui s'exercent entre les molécules.

Il faut aussi parler des **méthodes de visualisation**.

Ca fait très longtemps qu'on peut observer cette matière à l'échelle nanométrique. Déjà au début du 20<sup>e</sup> siècle on voyait indirectement les atomes alignés dans un cristal grâce à la **diffraction de rayons x**.

De même, la matière ultra divisée, on ne la voyait pas directement mais on la voyait indirectement parce qu'elle diffuse la lumière et on réalisait déjà à l'époque des ultras microscope qui permettaient de mesurer la quantité de colloïde dans un liquide.

Une étape importante a été l'invention du **microscope électronique en 1930**, dispositif qui a permis de voir directement la matière à cette échelle, à l'époque environ dix nanomètres, et de nos jours ces appareils atteignent une résolution qui est inférieure à l'atome.

Autre jalon historique dans les années la découverte du **microscope à effet tunnel** puis du **microscope à force atomique**, inventions qui on permis de voir, je dirais à moindre coût, la matière à l'échelle atomique et ces l'appareils se sont diffusés dans de très nombreux laboratoires.

Pour être complet, il nous faut aussi **parler de biologie**.

La biologie suit une histoire parallèle à la physique qui mène aussi à ce concept de nanoscience.

Au début du 19<sup>ème</sup> siècle, on s'intéresse déjà beaucoup au vivant. Notamment aux réactions chimiques produites par le vivant par exemple pour comprendre les phénomènes de **fermentation**.

Lors du 20<sup>ème</sup> siècle, on arrive petit à petit à une compréhension du fonctionnement du vivant en termes **d'interaction entre des molécules de taille nanométrique**. Je vais citer un exemple.

Au début du 20<sup>e</sup> siècle on compare des lois de Mendel de transmission d'informations génétiques entre parents et enfants. On comprend progressivement que c'est **la molécule d'ADN** qui contient cette information.

Dans les années 50, on comprend la **structure de cette molécule** puis peu à peu la manière dont l'information est encodée puis déchiffrée.

Et dans les années 70, on comprend et on utilise ces phénomènes pour faire que des cellules vivantes produisent des molécules, c'est l'avènement des **biotechnologies**.

Tous ces progrès scientifiques, ces connaissances accumulées au 20e siècle, mènent à l'émergence de ce qu'on pourrait appeler la construction du concept "nano", qui est assez spécifique de ce domaine.

On peut faire remonter l'histoire au discours de **Richard Feynman** en 1959, discours intitulé : "il y a de la place tout en bas". Et dans ce discours, Richard Feynman disait que entre notre monde à l'échelle métrique et le monde de l'atome, il y a beaucoup d'ordres de grandeur, d'échelles de longueurs, ce qui fait que rien n'empêche en théorie de réaliser des petites machines complexes, invisibles pour nous, mais qui accompliraient déjà des tâches très complexes.

Alors c'est un **discours qui était assez visionnaire** dans la mesure où à l'époque où il a été fait, on ne disposait que de très peu de méthodes pour micro ou nano-fabriquer des objets. Ces méthodes de fabrication sont apparues plutôt et on été au point cinquante ans plus tard.

Une étape qui mérite d'être mentionnée également, c'est je dirais la futurisation de ce concept avec notamment le livre **d'Eric Drexler appelé "Engins de création"**, livre dans lequel Eric Drexler évoque à de nombreuses reprises des nanomachines qu'il appelle des assembleurs.

Des nanomachines qui peuvent fabriquer, assembler atome par atome de la matière y compris des objets usuels. Cette idée est d'ailleurs reprise par de nombreux auteurs de science-fiction, qui dépeignent des futurs parfois plein de nanomachines banales ou sympathiques comme Niel Stephenson ou parfois comme chez Michael Crichton, dans son roman "la proie", des machines nettement plus menaçantes.

Ce qui reste vrai toutefois, c'est que **au début des années 2000**, on parle toujours avec insistance de **révolution industrielle**, le fait que les nanotechnologies allaient tout changer.

Ces idées sont en résonance avec le concept de société de la connaissance qui voulait que, l'idée étant de créer une nouvelle prospérité en se fondant sur la science et toutes les connaissances accumulées.

Et c'est ainsi qu'au début des années 2000, on **finance massivement les recherches en nanotechnologies** à coup de milliards et que en même temps le nombre de publications sur ce sujet, ou au moins annoncées dans le domaine des nanotechnologies croit très rapidement.

En même temps qu'on parle de plus en plus de nouvelles technologies émergent en parallèle bien sûr des craintes. Et l'un des pionniers a été le groupe ETC, qui dénonce dès le début des années le risque de ce qu'ils appellent les **atome-technologies**, c'est à dire la manipulation de la matière à l'échelle atomique et le risque de la convergence avec le vivant.

Maintenant quinze ans plus tard qu'en est-il ? Alors d'un côté, certaines technologies ont un rôle nettement transformant sur la société notamment les **technologies de l'information** qui s'appuient largement sur la nanotechnologie, qui ont permis de réaliser des processeurs très puissants et des stockages de mémoire de très grande capacité.

Et grâce à cela on a été capable de réaliser des Smartphones, des ordinateurs portables et déployer l'internet sur une large échelle. Donc il y a eu des aspects transformant.

Un domaine en cours d'émergence également, **les technologies pour la santé** où on voit apparaître de nouvelles thérapeutiques fondées sur ces technologies.

Pour le reste la situation est plus ambiguë. Ce qu'on voit plutôt, c'est le fait que **les nanotechnologies diffusent dans de nombreux produits de la vie de tous les jours**, tous les appareils qu'on trouve dans le commerce y compris l'alimentation.

A tel point qu'il est assez difficile de se faire une idée précise et c'est un objet de recherche en soi. Par exemple, des équipes essaient à partir des données sur internet de ce que prétendent les fabricants ou les revendeurs, de faire l'inventaire de ces produits nano.

**On en trouve à peu près 2000**. Alors c'est sans doute largement sous-estimé parce que par exemple quand on vend un micro-ordinateur on ne dit pas que c'est un nano-objet, c'est tellement sous-entendu qu'on n'en parle pas.

Autre manière de faire, c'est de partir des matières premières, c'est à dire du **tonnage de nanomatériaux** qui est importé ou fabriqué dans un pays pour essayer de deviner aussi donc les quantités produites.

C'est possible en France parce qu'il y a une **déclaration obligatoire des nanomatériaux** importés ou fabriqués et on sait qu'en France, tous les ans, on parle de **400 mille tonnes** qui sont incorporées dans des peintures, des revêtements, des cosmétiques, des produits phytosanitaires, etc.

Toutes ces avancées bien sûr mènent à **la question des risques**.

Est-ce qu'il y a un danger pour le consommateur ? Est-ce qu'il y a un danger pour l'environnement ? Parce que lorsque ces produits sont hors d'usage, après les nanomatériaux éventuellement fuient dans l'environnement.

C'est une question qui est traitée depuis la fin des années 90 qui a d'abord été abordée en fait sous l'angle de la pollution atmosphérique. En effet, la pollution contient beaucoup de particules ultrafines en fait des nanoparticules et on a étudié le danger de ces particules donc depuis cette époque.

Et ces recherches ont petit à petit évolué vers ce qu'on appelle **la nanotoxicologie** c'est-à-dire finalement l'étude la toxicité des nanoparticules pas seulement atmosphériques mais aussi telles qu'elles sont intégrées dans les produits de la vie de tous les jours.

Donc c'est toujours un champ de recherche extrêmement active dont l'un des enjeux est actuellement d'obtenir des critères assez simples et utilisables pour dire voilà tel produit est dangereux et devrait être interdit ou tel produit présente moins de danger ou plus de bénéfices que de risques.

Et après ces études de toxicité se pose la question de leur intégration dans **des réglementations**.

C'est ce qui est en cours au niveau européen à peu près depuis le début des années 2000.

Il existe **une définition des nanomatériaux** au niveau européen qui vaut ce qu'elle vaut mais qui a le mérite d'exister et qui permet de progresser.

Et ce concept est petit à petit intégré dans différentes réglementations.

L'étape la plus importante est sans doute **la réglementation REACH** qui correspond à l'autorisation de tout ce qui va avec la mise sur le marché des substances chimiques, réglementation à laquelle on essaie d'incorporer les nanomatériaux. C'est ce qui est en cours actuellement.

Voilà donc nous avons fait le tour très rapidement de 2000 ans d'histoire. L'idée étant de vous présenter différents sujets qui seront abordés dans la suite de ce cours.

Et j'espère ainsi vous avoir donné envie de continuer et d'en savoir plus.

Louis Laurent