

# L'Homéopathie à l'époque des Nanotechnologies

Depuis que l'humanité existe, nous fabriquons et nous utilisons des outils manufacturés.

D'un certain point de vue, on peut dire que les techniques de fabrication ont peu changé depuis les temps préhistoriques! En effet, la fabrication d'un objet nécessite le plus souvent l'extraction de matières premières en assez grande quantité, tout un processus de travail sur ces matériaux (de chauffage, d'application de pression, de processus chimiques), d'assemblage (par soudure, par attaches, par collage) avant d'obtenir l'objet désiré, qui peut être par exemple une voiture, un ordinateur, une feuille de papier ou même un steak tartare.

Pendant tout ce processus de fabrication, une grande quantité d'énergie est utilisée, et une grande quantité de déchets est généralement produite (malgré les progrès dans le recyclage).

Indépendamment, la tendance est au contrôle de plus en plus fin de la matière fabriquée (on grave aujourd'hui des sillons de largeur inférieure au micromètre sur les puces informatiques (100 fois plus fin qu'une feuille de papier). Les capteurs mécaniques de chocs pour les coussins à air dans les voitures sont ainsi gravés directement sur les puces informatiques (cf illustration ci-contre). Il s'agit là de la nanotechnologie, telle qu'elle était définie dans mon dictionnaire.

Les techniques les plus récentes permettent de graver des lignes de 80 nanomètres! (1000 fois plus fin qu'une feuille de papier!)

Richard Feynman, le prix Nobel américain de physique, s'est demandé jusqu'où pouvait aller cette miniaturisation et ce contrôle de la matière. Lors d'une [conférence](#) qu'il a donné en 1959, il a établi les bases de ce qui allait devenir 20 ans plus tard la *nanotechnologie moléculaire* (voir le texte de la conférence en annexe).

Il a alors suggéré que les lois physiques autorisaient la manipulation et le positionnement, direct et contrôlé, des atomes et des molécules, individuellement, un par un. Qu'il était tout à fait possible d'utiliser les atomes comme briques de construction, à la manière de briques de Lego (en tenant compte des forces s'exerçant entre eux, évidemment).

Il s'agissait là d'une idée extrêmement originale. Après tout, l'existence des atomes n'avait été totalement reconnue par la communauté scientifique que peu de temps auparavant !

Toute la matière, les maisons, le papier, les liquides, l'air, et nous-mêmes sommes constitués d'atomes.

En fait, tout ce que nous pouvons voir, toucher, ou sentir est constitué d'un nombre assez faible d'atomes différents (quelques dizaines). L'air est principalement composé d'atomes d'oxygène, d'azote et de carbone. L'eau est composée d'atomes d'hydrogène et d'oxygène. Les êtres vivants sont principalement composés d'atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène.

Ce qui fait qu'un arbre est différent d'un homme, ou un ordinateur d'un peu de sable est, bien sûr, *l'organisation* de ces quelques sortes d'atomes. La différence d'agencement entre les atomes est, par exemple, l'unique différence entre un diamant et un morceau de charbon, tous deux constitués *uniquement* d'atomes de carbone.

Jusqu'à présent, toutes les méthodes de fabrication manipulent les atomes en très grande masse. Même la fabrication ultra fine des puces informatiques traite les atomes de façon statistique.

Car les atomes sont extraordinairement petits par rapport à notre échelle. Par exemple, dans l'épaisseur de cette feuille de papier –je l'ai mesuré, elle fait environ un dixième de millimètre d'épaisseur–, il est possible d'empiler environ 400.000 atomes de métal.

Il y a donc beaucoup de place à cette échelle !

En fait, pour en fournir une image plus concrète, Feynman avait donné l'exemple suivant : en utilisant un cercle d'une superficie de 1000 atomes par point d'impression, il serait possible d'imprimer *toutes* les pages de l'Encyclopedia Britannica sur la tête d'une épingle.

Feynman continue en montrant qu'en fait, il y a tellement de place à si petite échelle, que, si l'on savait manipuler les atomes individuellement, il serait possible d'enregistrer tout ce que l'humanité a écrit jusqu'à présent dans un cube d'un dixième de millimètre de côté : c'est-à-dire dans une poussière !

Le but de la nanotechnologie moléculaire, et des recherches en cours actuellement, est d'arriver à ce contrôle précis et individuel des atomes.

## APPROCHE

1 m	$10^0$	
	$10^{-1}$	
	$10^{-2}$	<i>Grain de riz</i>
1mm	$10^{-3}$	<i>Tête d'épingle</i>
	$10^{-4}$	<i>Limite de la vision humaine</i>
	$10^{-5}$	
1µm	$10^{-6}$	<b>MICROTECHNOLOGIES</b>
	$10^{-7}$	<i>Gravure des circuits intégrés</i>

	$10^{-8}$	NANOTECHNOLOGIES
1nm	<u><math>10^{-9}</math></u>	
	$10^{-10}$	

La nanotechnologie concerne surtout l'électronique, les ordinateurs et l'ingénierie pour l moment

- La nanotechnologie concerne surtout l'électronique, les ordinateurs et l'ingénierie
- On imagine des nano robots assemblant des nano éléments qui pourraient reproduire la complexité du vivant qui lui-même serait à même de construire nos équipements: chaise, lait, voiture et ... armes!

## ↑ DONNÉES

▪ <b>Nanomètre</b>	= 000 000 001 = $10^{-9}$ mètre
▪ <b>Nanotechnologie</b>	➤ Industrie de l'extrême miniature
▪ <b>Nanoscience</b>	➤ Manipulation de la matière à l'échelle de l'atome
▪ <b>Nanotubes</b>	➤ En carbone, 100 fois plus solide que l'acier et 6 fois plus léger
▪ <b>Nanotransistors</b>	➤ Le laboratoire de Hewlett-Packard arrive à nicher un transistor dans une molécule
▪ <b>Marché</b>	➤ 1000 milliards de \$ en 2015
▪ <b>Littérature</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Michael Crichton (Jurassic Park, Urgences...) vient de faire paraître un roman sur les dangers de la nanoscience: "La Proie"</li> <li>➤ Il met en scène les méfaits de robots intelligents de la taille des molécules</li> </ul>

## HISTORIQUE

▪ <b>1959</b> <b>Richard Feynman</b>	Plutôt que de diviser sans cesse la matière, pourquoi ne pas partir de l'infiniment petit pour construire quelque
---	---

	chose?
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>1969</b> <b>Eric Drexler</b></li> </ul>	Étudiant de Feynman, invente le terme nanotechnologie pour son rapport de stage
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>1985</b> <b>Gerd Binnig</b> <b>Heinrich Rohrer</b></li> </ul>	Mise au point du microscope à effet tunnel, capable de montrer le 1/25 d'atome Prix Nobel en 1986
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>1990</b> <b>Don Eigler</b></li> </ul>	Dessine le logo d'IBM quasiment à l'échelle atomique

***En 1990, à 36 ans, Donald Eigler,***  
physicien chez IBM,  
a réussi à déplacer des [atomes](#) de xénon,  
l'un après l'autre, comme des cubes de Lego.

Pour la première fois la matière était manipulée  
à l'échelle atomique.

***Explications***

- Pour ce résultat, on utilise un TSM : Scanning-Tunneling Microscope : microscope à effet tunnel.
- Une pointe métallique explore, à l'échelle atomique, la surface d'un métal conducteur, comme le nickel.
- Elle est traversée par un courant électrique.
- En lisant les minuscules variations du flux d'électrons qui se glisse (comme dans un tunnel) entre elle et les atomes de la surface métallique, la pointe produit une image de la surface, comme la pointe d'un phonographe donne naissance à du son.
- Ce travail est comparable à celui des aveugles qui se font une image mentale d'un objet en l'effleurant.

On imagine des nano robots assemblant des nano éléments qui pourraient reproduire la complexité du vivant qui lui-même serait à même de construire nos équipements: chaise, lait, voiture et ... armes!

### 3-2- La préparation et les dilutions

Les végétaux et certaines substances d'origine animale servent à préparer les teintures-mères (TM) par macération dans l'alcool pendant au minimum trois semaines.

Les TM sont concentrées de telle sorte que leur masse soit égale en général à 10 fois celle de la plante déshydratée et à 20 fois celle des produits animaux.

Les TM sont déconcentrées au 1/10 (DH) ou en 1/100 (CH) dans des flacons successifs chaque déconcentration est suivie d'une dynamisation ou succusion , suivant la technique d'Hahnemann définie dans la pharmacopée française: On prend

donc pour les **dilutions** dites **hahnemaniennes**, les plus utilisées, un volume de T.M auquel on ajoute 99 volumes de solvant, on agite le tout et on obtient une dilution au 1/100.

La préparation est étiquetée du nom latin de la souche suivi d'un chiffre qui représente le nombre de déconcentrations et de dynamisations subies, et d'un sigle pour signifier au 1/10 ou DH, ou au 1/100 ou CH.

5 CH = 10 puissance-10

5 DH = 10 puissance-5

## Applications

Nous pouvons maintenant passer à la partie la plus amusante de ma présentation : supposons les premiers assembleurs créés, et imaginons quelques applications possibles (tous ces exemples sont tirés de livres ou d'articles cités en référence).

### *Fabrication*

La nanotechnologie permet une amélioration de la qualité de fabrication sans précédent. Les atomes étant placés de façon précise, les problèmes liés aux impuretés et aux défauts dans les matériaux disparaissent presque entièrement. Il est ainsi possible de fabriquer des matériaux plus solides, utilisant beaucoup moins de matière.

Le coût de fabrication des objets serait *extraordinairement* réduit, car la fabrication consommerait beaucoup moins d'énergie et de matière première qu'à présent. De plus, la production étant entièrement automatique, les coûts de mains-d'œuvre sont pratiquement nuls.

En fait, on s'accorde à dire que les coûts de fabrication seraient pratiquement réduits aux coûts de conception (ce qui est le cas aujourd'hui dans l'industrie des logiciels pour ordinateur). En effet, la matière première peut être entièrement recyclée, et l'énergie peut provenir de capteurs solaires. (Ce qui limite aujourd'hui la possibilité d'utiliser les capteurs solaires à plus grande échelle est leur coût de fabrication et leur rendement, deux problèmes que la nanotechnologie devrait être en mesure de résoudre sans difficulté).

L'exemple classiquement donné est celui d'un appareil qui pourrait ressembler à un four à micro-onde. Un tableau de commande permettrait de choisir l'objet souhaité : une paire de chaussure, un ordinateur, une pizza, etc. Des assembleurs commencent par se multiplier dans l'appareil, prenant la forme de l'objet désiré. Puis, une fois la structure créée, ils assemblent l'objet choisi, atome par atome. La paire de chaussure est prête en deux minutes !

### *Construction*

De la même façon, les techniques de constructions pourraient être bouleversées. Il est possible d'imaginer des immeubles se créant pour ainsi dire eux-mêmes, des routes ou des tunnels se creusant de la même façon.

## *Nourriture*

De même qu'il serait possible de fabriquer une montre ou une paire de chaussure, il est possible de recréer de la nourriture directement à partir de l'air et de quelques déchets. C'est ce que fait la chaîne alimentaire, et il est certainement possible d'arriver directement à un steak frites avec salade, sans passer par la croissance de laitue, de pommes de terre, l'élevage d'animaux, puis leur traitement avant que le plat final n'arrive dans notre assiette !

## *Médecine, durée de la vie*

D'autres applications touchent à la santé.

Il est envisagé de construire de minuscules nano-robots, capables de se déplacer à l'intérieur du corps humain, voire dans les *cellules* du corps humain, à la recherche d'agents infectieux, de cellules cancéreuses, par exemple pour les marquer pour destruction par le système immunitaire, ou même pour les détruire directement.

Il a même été envisagé que ces robots aillent réparer directement l'ADN endommagé des cellules.

Des applications plus étonnantes encore sont imaginées :

- réparation active de lésions : au lieu d'aider le corps à se raccommoder tout seul, comme le fait la médecine chirurgicale actuelle, il serait possible, par exemple, d'aider plus activement à la reconstruction, voir de recréer directement les tissus ou les organes atteints.
- augmentation des capacités du cerveau (par exemple par interfaçage direct avec des nano-ordinateurs ou des banques de données),
- amélioration des tissus (augmentation de la solidité des os, etc.).

Évidemment, une des retombées espérées est une augmentation très importante de la durée de vie, dans un état de jeunesse préservé.

## *Informatique*

Il sera possible de fabriquer des ordinateurs minuscules, par exemple pour contrôler les nano-robots se baladant dans le corps humain. Les projets actuels laissent entrevoir des ordinateurs plus puissants que les super-ordinateurs actuels, mais tenant dans un cube de dix microns de côté.

Pour les même raisons que précédemment, le coût de fabrication de ces ordinateurs serait extraordinairement réduit.

Il est difficile d'imaginer aujourd'hui les conséquences que pourraient avoir l'inclusion d'ordinateurs et de nano-machines dans les objets de la vie ordinaire. Imaginez une table qui pourrait sur commande, s'agrandir, se transformer en lit, en chaise, etc.

On pourrait avoir une paire de lunettes permettant la visualisation de textes, dessins, vidéos, avec sonorisation. Elle pourrait contenir plus de livres et d'heures de films que la Bibliothèque de France, serait en contact radio ou optique avec l'extérieur. Ces lunettes intégreraient une caméra vidéo et des micros, permettant d'enregistrer tout ce que vous voyez. Elle serait commandable par la voix, ou par détection des mouvements oculaires, voire manuels (par détection des mains, et visualisation de différents artefacts visuels de commande). Ces lunettes pourraient contenir votre agenda, reconnaître les personnes dont le nom vous échappe... Pour vous donner un faible aperçu des possibilités qu'auraient cet outil!

### *Écologie*

La nanotechnologie permettra non seulement le recyclage complet des déchets lors de la fabrication, mais le nettoyage des déchets accumulés jusqu'à aujourd'hui. Il serait ainsi possible de « nettoyer la planète », de diminuer, si besoin est, la quantité de CO2 dans l'atmosphère, etc.

### *Espace*

La NASA est très active dans le domaine de la nanotechnologie, car elle voit là le moyen le plus sûr et le plus économique d'explorer et de coloniser l'espace.

La nanotechnologie permettra non seulement la fabrication de fusées, de stations orbitales, etc., plus solides, plus fiable et à un coût réduit, mais également de « terraformer » d'autres planètes! Il existe des scénarios permettant, à terme, d'aller vivre sur Mars, par exemple.

Une autre application envisagée est « l'ascenseur pour l'espace ». Il s'agit de fabriquer un câble partant de l'équateur, et tournant avec la terre en orbite géostationnaire. Une fois ce câble en place, l'énergie à dépenser pour quitter l'attraction terrestre devient minime par rapport aux moyens utilisés aujourd'hui.

La nanotechnologie devrait permettre la fabrication d'un câble suffisamment solide, et pour un coût acceptable pour une telle application.

### *Armement*

Un des dangers les plus importants de la nanotechnologie est évidemment la possibilité de l'utiliser à des fins guerrières, criminelles ou terroristes.

Indépendamment de l'amélioration de la fabrication d'armes conventionnelles, il sera par exemple possible de fabriquer par millions de minuscules robots volants, difficilement détectables, permettant d'envahir la vie privée de tous, et hors du contrôle des nations.

Il sera également possible de fabriquer des nano-virus, ciblés pour tuer, beaucoup plus efficacement que les virus naturels. Leur cible pourrait être une personne précise, un groupe

de population (défini par sa position géographique, quelques caractéristiques génétiques, etc.).

Des fanatiques pourraient fabriquer une nanomachine se reproduisant indéfiniment, sans contrainte, et transformant absolument tout en plus de copies d'elle-même, visant ainsi à la destruction complète de toute vie sur la planète...

En fait, ces dangers sont si grands, que plusieurs personnes (dont moi!), seraient favorables à un arrêt, ou en tout cas un ralentissement des recherches dans le domaine, si cela était possible! Dans le contexte de compétition internationale, cela paraissant totalement illusoire, il reste le choix de se préparer à l'arrivée de cette technologie et des problèmes qu'elle engendrera.

Enfin, je finirais les applications envisageables avec un échantillon de quelques idées plus futuristes encore :

*Peinture : écran, affichage variable, etc.*

Imaginons un vaporisateur de peinture. Mais au lieu de peinture, il vaporise des nanomachines, qui vont se coller à la surface sur laquelle on l'applique. Cette surface peut être de la taille d'un timbre-poste, d'un immeuble, être disposée sur des vêtements, sur la peau, ou sur un mur.

Ensuite, les nanomachines, communiquant entre elles, et avec l'extérieur peuvent, par exemple, afficher n'importe quelle image, fixe ou animée. Vous souhaitez changer de papier peint? Il suffit d'une commande et les motifs affichés sur le mur changent immédiatement.

Vous voulez voir un film? Le mur vous le présente, à la taille que vous souhaitez.

Une technologie en cours d'étude (" Phased Array Optics ", une méthode utilisant la synchronisation de phase de la lumière émise par une source), permet de créer des images en trois dimensions. Il est ainsi possible d'imaginer une salle couverte de cette peinture, et permettant de représenter un spectacle animé en trois dimensions!

Devant un mur couvert de cette technologie, il serait impossible de distinguer une scène réelle d'une fausse! Un paysage est présenté, prenez des jumelles, vous verrez le paysage avec plus de détails!

*Livres à contenu changeant*

Vous tenez un livre dans les mains, ressemblant à un livre ordinaire.

Appuyez sur une référence en bas de page, et le texte de référence apparaît, prenant la place du texte d'origine. Vous souhaitez rechercher un passage dans le texte? Une image? Demandez à haute voix au livre de vous la retrouver!

Vous voulez abandonner momentanément sa lecture pour en lire un autre, demandez au livre le titre choisi, son texte, et ses images, prennent la place du précédent dans les pages.

Vous souhaitez regarder les informations? N'importe qu'elle page peut vous présenter une image animée, et les émissions de télévision en cours de diffusion, ou enregistrées dans le livre!

### *Murs ré-arrangeables, à transparence variable*

Vous êtes chez vous, et vous organisez une soirée. Vous souhaitez agrandir le salon pour quelques heures? Poussez les murs, et réorganisez la pièce comme vous le souhaitez!

Vous voulez agrandir une fenêtre? La supprimer? La rendre plus teintée? Donnez la commande, le mur se modifie!

### *'Utility Fog'*

Une utilisation de la nanotechnologie encore plus étrange a été imaginée et étudiée par Storrs Hall. Il l'a appelé "Utility Fog" : « Le brouillard-outil ».

Imaginez un robot microscopique, environ de la taille d'une bactérie, avec une douzaine de bras télescopiques. Maintenant, vous remplissez l'air d'une pièce de tels robots, ils s'attachent automatiquement les uns aux autres par leurs bras télescopiques, et se maintiennent éloignés les uns des autres. Une fois la pièce remplie, ils occupent environ 5% de l'air de la pièce.

Ces robots sont programmés pour être non obstructifs. Vous pouvez marcher normalement dans la pièce, respirer, etc., sans vous rendre compte de leur présence. Leur réseau se reconstituant automatiquement après votre passage.

Vous êtes assis, vous souhaitez un verre d'une boisson dans le réfrigérateur. Donnez la commande : la porte du réfrigérateur s'ouvre toute seule, la boisson est placée dans un verre qui semble flotter dans les airs, puis il vient se placer dans votre main!

Le « brouillard » a exercé les forces correspondantes sur la porte du réfrigérateur, le verre, etc. De la même façon, vous pourriez voler jusqu'au deuxième étage!

Maintenant, le brouillard peut se rendre visible si besoin est. Vous avez besoin momentanément d'une chaise supplémentaire? Elle se matérialise sous vos yeux!

Vous souhaitez discuter immédiatement avec un ami situé à 100 km de chez vous? Après avoir reçu son accord, vous pouvez vous matérialiser chez lui! Son brouillard recrée votre image (en trois dimensions!) dans la pièce, de même que votre brouillard recrée votre ami chez vous. Vous pouvez alors discuter tous les deux comme si vous étiez dans la même pièce!

Les applications du brouillard-outil sont innombrables, en tout cas trop nombreuses pour être évoquées pendant cette courte présentation!

## *Intelligence artificielle*

La possibilité de puissance de calcul sans précédent, voire de reproduction de réseaux de neurones de tailles comparables à ceux du cerveau humain, laisse entrevoir la possibilité de créer des « intelligences artificielles ».

On ne peut dire si les machines ainsi créées seront simplement des ordinateurs prenant mieux en compte leur environnement, des outils d'aides à l'analyse humaine, ou si elles dépasseront en rapidité, en puissance, nos possibilités, mais rien ne permet d'exclure cette dernière hypothèse.

En fait, le scénario actuellement le plus probable, est celui d'une évolution conjointe, plus ou moins inévitable, de l'homme et des machines, intégrant ces possibilités. Cette évolution, qui a commencé avec les outils, puis la mécanisation, et enfin avec l'informatique, se poursuivrait avec les appareils que j'ai évoqué, pour finir par être intégrés à l'intérieur du corps humain, augmentant nos capacités physiques et intellectuelles.

Tout ceci peut paraître proche du rêve ou de la science-fiction.

Toutefois, c'est également ce que l'on a dit pendant longtemps du vol humain, ou du voyage sur la lune...

J'aime beaucoup cette réflexion d'Arthur C Clarke, qui s'applique parfaitement ici : « *Toute technologie suffisamment avancée est indistinguishable de la magie* ».

---

## **Conclusion**

L'arrivée de ces techniques, d'ici dix, vingt ou trente ans bouleversera les moyens de production, ainsi que, je pense, tous les domaines de l'existence humaine.

Comment se fera cette transition? Arriverons-nous à en maîtriser les dangers? C'est bien sûr impossible à dire, mais je pense qu'il est urgent de s'y préparer.

Depuis Avril 1998, la nanotechnologie est identifiée comme secteur technologique de première importance dans le monde. Ainsi, le Japon et les États-Unis ont-ils lancé des programmes de financement de recherche citant explicitement la nanotechnologie moléculaire.

Des programmes européens ont également été lancés. La nanotechnologie a été citée dans le [communiqué de presse du Premier Ministre de Juin 1999](#) et dans différentes publications officielles françaises et européennes (chercher "Nanotechnologies" sur le site de l'[Assemblée nationale](#), ou sur le site de l'[Union Européenne](#)).

Pour l'instant, la plupart de ces initiatives concernent des applications à court terme de la nanotechnologie (principalement de nouveaux matériaux), mais sont restent encore peu sensibilisés aux enjeux de la nanotechnologie moléculaire.

## Bibliographie

Internet : Version 1.8 - Dernière mise à jour : 21 mars 2006.

Texte mis à jour de la présentation donnée initialement en Avril 1998 à l'[Académie Européenne Interdisciplinaire des Sciences \(AEIS, ex-AISP\)](#) Par Frederic Levy.