

**Alexei Grinbaum\***

## ***LE DÉFI SOCIAL DES NANOTECHNOLOGIES***

### **Nanotechnologies : de quoi s'agit-il ?**

Nanosciences et nanotechnologies désignent, en premier lieu, un regroupement de domaines scientifiques caractérisé par l'ordre de grandeur des objets de leurs études : entre un et quelques centaines de nanomètres, soit 10000 fois plus petit que l'épaisseur d'un cheveu. A l'échelle nanométrique, on peut envisager de nombreuses interactions entre différentes disciplines scientifiques : physique, biologie, chimie, sciences des matériaux, sciences de l'information. Mais l'unité des « nanos » n'est pas simplement due à l'échelle. La convergence entre les disciplines, qui est au fondement même des nanosciences, se place au niveau des instruments d'observation : les mêmes microscopes et outils d'imagerie, comme les célèbres microscopes à effet tunnel et à force atomique, peuvent être utilisés par les physiciens, les chimistes, les biologistes, les neurophysiologistes, etc. Non seulement ces nouveaux outils permettent-ils de « voir » les objets dont la taille est inférieure à la longueur d'onde de la lumière visible, ce qui est en soi un exploit technique et conceptuel majeur, mais le même instrument peut être utilisé pour agir sur les atomes individuellement, par exemple en les déplaçant un par un. C'est cette capacité d'observation et le pouvoir d'action communs à plusieurs disciplines qui expliquent l'émergence des nanotechnologies comme une nouvelle génération des technologies de pointe, après l'ingénierie génétique, les biotechnologies et les technologies de l'information. Les propriétés de la matière intentionnellement structurée à l'échelle nanométrique étant différentes de celles des objets macroscopiques habituels, la conception de ces formes nouvelles et des matériaux ayant des

---

\* Alexei Grinbaum est chercheur au laboratoire LARSIM du CEA-Saclay et spécialiste de philosophie de la physique. Il s'intéresse depuis plusieurs années à l'éthique des sciences et coordonne pour la France les travaux de l'Observatoire européen des nanotechnologies ([www.observatorynano.eu](http://www.observatorynano.eu)).

propriétés dont la nature seule n'est pas capable de les doter, est le défi professionnel, mais aussi source de fascination, pour l'ingénieur travaillant dans le domaine des nanotechnologies.

Les nanotechnologies, parce qu'elles utilisent des propriétés physiques et chimiques jusqu'alors inaccessibles à l'intervention directe de l'homme, donc peu connues et utilisées, constituent un nouvel horizon et une dynamique nouvelle pour la recherche et l'industrie des produits manufacturés. Comme toute exploration en cours, le domaine comporte à la fois des bénéfiques potentiels importants, mais également des incertitudes d'usage, et donc des risques. Les nanosciences et les nanotechnologies apparaissent à la fois comme un champ de recherches en devenir, comme un horizon des politiques de recherche et des investissements actuels, mais aussi comme un enjeu de société. Si leur objectif scientifique est de faire progresser nos connaissances et maîtriser de nouvelles applications, du point de vue de la société elles doivent nous aider à trouver des réponses à de grandes problématiques : les économies d'énergie, la protection de l'environnement, la santé, les technologies de communication plus performantes. Ce nouvel horizon des politiques de recherche engendre une incontestable dynamique « nano » depuis quelques années et dans de nombreux pays. Les nanotechnologies représentent un enjeu prioritaire de l'Union européenne pour développer la société de la connaissance européenne. Les Etats-Unis, le Japon, la Chine, la Russie tous consacrent plusieurs milliards de dollars à leur développement et se livrent à une « nano-compétition » internationale acharnée.

L'avancée liée aux nanotechnologies peut être comparée à l'invention de l'électricité. Tout comme les électrons, les nanostructures de la matière, par exemple les nanoparticules d'origine volcanique, ont toujours fait partie de notre univers. Mais il a fallu attendre que les atomes deviennent « visibles » et qu'il soit possible de les « saisir » un par un, d'« agir » à l'échelle nanométrique, pour envisager un ensemble de nouvelles technologies capables de révolutionner certains secteurs de l'industrie et d'en influencer pratiquement tous. Déjà aujourd'hui, on trouve les usages des nanotechnologies dans les transports, l'aérospatial, le secteur alimentaire, le bâtiment, l'industrie chimique, le domaine de l'énergie, les technologies pour l'environnement, la santé et la médecine, les technologies de l'information et de la communication, le domaine de la sécurité, les textiles, le sport et, bien sûr, le divertissement.

### **Les relations « science-société »**

Tout comme les précédentes générations des technologies émergentes, l'avènement des nanotechnologies a été amplifié par des discours promotionnels et futuristes, circulant principalement à l'extérieur du champ

scientifique. D'un côté, diverses utopies sociales et autres scénarios futuristes — ce qu'on appelle en anglais le « hype » — ont occupé le devant de la scène ; de l'autre, ces fictions ont entraîné en réaction des visions dystopiques non moins radicales, celles d'un monde apocalyptique auquel nous vouerions les nanotechnologies. Plus récemment, le débat s'est réorienté vers la recherche d'une « science responsable ». Reste qu'aujourd'hui encore, les effets sur l'opinion des fantasmes initiaux demeurent visibles.

Les différents groupes sociaux qui participent à cette inflation communicationnelle autour des nanotechnologies sont facilement repérables : les auteurs de science-fiction se servent librement des « nanos » pour donner dans leurs romans le sentiment d'impuissance de l'homme devant le mal qui se cache dans le monde microscopique ; les chercheurs concernés au premier chef (chimistes, physiciens et biologistes) ne s'expriment guère ; parmi les scientifiques, ceux qui se font le plus entendre sont les toxicologues qui avertissent des risques associés à certaines nanoparticules ; quant aux décideurs politiques, ils justifient par les promesses des « nanos » la réorientation des politiques de recherche vers des finalités essentiellement économiques ; les transhumanistes rêvent qu'on pourra grâce aux nanotechnologies « changer la vie », voire éradiquer la mort ; enfin, les médias amplifient surtout le discours des toxicologues et celui des investisseurs, car ils entendent informer le public du conflit pressenti entre les intérêts du développement économique et ceux de la sécurité sanitaire et écologique.

Cette configuration tend à réduire la réflexion sur les nanotechnologies à une simple évaluation des risques toxicologiques et des perspectives économiques. Or, il y a un réel danger à aggraver la relation entre science et société, voire rejeter tout court le progrès technique comme moteur du développement de la société. Pour l'instant, les chercheurs semblent tenir deux discours à la fois. D'un côté, ils s'adressent aux citoyens comme à des profanes : « Nous nous occupons de tout, ayez confiance ». De l'autre, ils s'adressent aux consommateurs et aux contribuables comme s'il s'agissait de les séduire et de les enthousiasmer : « Ce que nous faisons va produire des résultats fabuleux, donnez-nous vos sous ». La tension soutenue entre ces deux pôles est à l'origine du borbier dans lequel se trouve l'institution scientifique : l'appel à la confiance associé au premier discours se heurte à la défiance contre toute démarche publicitaire provoquée par le second. Ainsi la revendication d'une relation plus apaisée entre scientifiques et citoyens, fidèle à la réalité tranquille des laboratoires de recherche, se trouve-t-elle ignorée. L'aspiration à trouver un nouvel équilibre dans les relations science-société est par conséquent relayée par des groupes et des associations qui se posent comme représentants de la société face à la

science, et adoptent volontiers une attitude rebelle vis-à-vis de l'institution scientifique. La prise de conscience par cette dernière du fait qu'elle occupe désormais une place non consensuelle sur la scène politique représente un enjeu majeur pour la transformation de la société à l'époque des nanotechnologies. Il nous faut prendre conscience que les produits issus des nanotechnologies ne sont pas uniquement évalués par la société en fonction des critères techniques et des valeurs reconnues au sein du champ scientifique. D'autres facteurs interviennent, d'origine médiatique, publicitaire, souvent qualifiés spontanément comme « irrationnels » : l'incidence des technologies dans la vie quotidienne du citoyen, leur impact sur l'environnement et sur l'économie, et aussi la coloration et la tonalité générale qu'elles donnent à nos vies.

### **L'incertitude par rapport à l'avenir**

Un autre enjeu non moins important est celui de la gestion de l'incertitude et les problèmes éthiques envers notre avenir posés par le progrès technique. Les technologies donnent à l'homme des possibilités d'action nouvelles et modifient ainsi sa condition dans le monde ; bref, elles créent un monde nouveau, impossible d'anticiper ni de prédire avec précision. Combien de projections anciennes furent prouvées fausses par l'histoire du progrès ! Combien de techniques que personne n'avait prévues sont devenues ubiquitaires ! L'ampleur de nos capacités techniques est aujourd'hui immense. Nous sommes bien plus proches que nos ancêtres de l'éternelle fiction d'une humanité à laquelle rien ne résiste, selon le mot d'Horace : « *Nil mortalibus ardui est* »<sup>1</sup>. Or notre société se reconnaît comme « la société du risque »<sup>2</sup>. Notre pensée est aujourd'hui fascinée et orientée par l'idée d'une terrible catastrophe future, comme elle le fut jadis par celle de révolution. L'heuristique qui régit nos choix technologiques pour l'avenir est celle de la peur<sup>3</sup>. Un tel constat peut paraître contradictoire ; et pourtant il se trouve au fondement même de l'éthique de la technologie.

L'avenir technique nous apparaît toujours incertain et l'apathie est souvent de rigueur. Nous ne croyons pas que le radicalement inconnu puisse advenir et ce manque de croyance (« jamais vu auparavant, alors pourquoi cela arriverait-il de mon temps ? ») mène souvent à la paralysie d'action plutôt qu'à son accélération. La nouveauté, c'est que notre savoir prévisionnel reste en deçà de l'énorme savoir technique qui donne la puissance à notre agir, et cela prend dès lors une signification éthique.

Qu'est-ce que donc l'éthique de la technologie aujourd'hui ? Elle est censée rendre à l'homme la capacité de penser la technique à l'époque où nous agissons d'abord et ne comprenons le sens de ce que nous avons fait que beaucoup plus tard. Hannah Arendt avait très tôt compris ce qui

résulterait pour la condition de l'homme dans le monde de la séparation de la pensée et de la technique : « S'il s'avérait que le savoir (au sens moderne de savoir-faire) et la pensée se sont séparés pour de bon, nous serions bien alors les jouets et les esclaves non pas tant de nos machines que de nos connaissances pratiques, créatures écervelées [*thoughtless*] à la merci de tous les engins techniquement possibles, si meurtriers soient-ils ».<sup>4</sup> Arendt met ici en question une attitude archétypique dont le symbole est la figure de l'ingénieur tout-puissant, myope admirateur de Prométhée : tout ce qu'il est techniquement possible de faire sera fait, ou, comme disait Richard Feynman, « *What I cannot create, I do not understand* ».

L'éthique, qui se pose la question de sens de notre action, s'intéresse à l'incertitude et à l'action technique créatrice de l'avenir, mais elle ne se réduit ni à la prudence, ni au calcul coût-bénéfice, ni à aucune des cinq notions d'incertitude : *le risque, l'incertitude, l'ambiguïté, l'ignorance et l'indétermination*.

*Risque* : Les probabilités des dommages possibles sont connues. Les techniques de l'évaluation des risques s'appliquent alors directement.

*Incertain* : Sont connus les types et les degrés de dommages possibles, mais pas leurs probabilités. Les techniques de l'évaluation des risques ne s'appliquent plus, sauf si on adhère à une conception subjective des probabilités, considérées alors comme de simples degrés de croyance. Dans ce cas, le principe de précaution s'applique et incite à mener des recherches supplémentaires pour déterminer les différentes probabilités objectives.

*Ambiguïté* : Le problème n'est plus de connaître la probabilité des différentes formes de dommages, car la mesure des dégâts et la caractérisation de leurs causes sont elles-mêmes floues, soit à la suite d'un désaccord entre les spécialistes, soit en raison d'une contestation sociale plus large.

*Ignorance* : La connaissance des formes de dommages possibles est incomplète : « on ne sait pas qu'on ne sait pas ». L'événement dont on voudrait évaluer le risque n'est plus défini, de sorte que la surprise future fait par essence partie du processus. Ni l'évaluation des risques ni le principe de précaution ne s'appliquent alors.

*Indétermination* : Les probabilités des différentes issues du problème dépendent elles-mêmes de l'analyse qui en est faite et des interactions complexes entre les sphères du social, du naturel et de la technique. Une évaluation opérée « ici et maintenant » pouvant être démentie par la suite de l'histoire, il convient d'en avoir une approche révisable.

Sur la base de nombreux exemples, un chercheur anglais, David Fleming, a élaboré un « principe inverse d'évaluation des risques » : la propension d'une communauté à reconnaître l'existence d'un risque serait déterminée par l'idée qu'elle se fait de l'existence de solutions. La psychologie cognitive nous fournit des outils d'analyse qui permettent d'expliquer en partie, sinon de justifier ce qui se présente comme une parfaite irrationalité dans l'évaluation des risques. Contrairement à la psychologie, le rôle de l'éthique n'est pas de justifier le comportement humain. Elle pose des questions originales sur la condition de l'homme dans le monde, sa signification et son évolution, cette condition étant constamment façonnée et réorganisée par la technique. L'éthique élargit le contexte de notre réflexion au-delà des modèles quantitatifs qui évaluent les probabilités des dommages et les taux d'exposition aux substances toxiques. Dans cette optique, un mythe biblique, celui de poisson de Tobie, peut éclairer la réflexion sur les risques des technologies émergentes et l'incertitude face à leur nouveauté.

Tobie, accompagné par l'archange Raphaël, part pour un long voyage. Un jour, alors que Tobie descend sur la rive pour se laver les pieds, voici qu'un énorme poisson s'élançait vers lui pour le dévorer. Tobie pousse un cri d'effroi : « Seigneur, il se jette sur moi ! » Quelques secondes plus tard, l'ange lui répond : « Prends-le par les ouïes et tire-le à toi. » Tobie saisit alors le poisson par les ouïes et le tire sur la terre ferme. Après que le poisson a cessé de se débattre, l'ange s'adresse à nouveau à son protégé : « Vide ce poisson, et conserve-en le cœur, le fiel et le foie, car ils pourront être employés comme d'utiles remèdes »<sup>5</sup>.

Comment est-il possible, d'une part, qu'un simple poisson effraie un solide gaillard comme Tobie, et d'autre part que celui-ci emporte la mise aussi aisément ? L'animal était-il pour lui un monstre inconnu, une créature jamais rencontrée qui lui faisait peur de par sa seule nouveauté ? Lorsque « en absence de certitude et compte tenu des connaissances scientifiques et techniques du moment »<sup>6</sup>, Tobie a choisi de ne rien entreprendre sauf demander l'aide de l'archange, a-t-il adopté une attitude de précaution ou était-il simplement paralysé devant le radicalement inconnu ?

Tant que le poisson était dans l'eau, Tobie ignorait sa véritable taille et ses intentions, mais il lui paraissait énorme et bien décidé à le tuer. L'animal était agrandi par la peur qu'il inspirait. Mais après que Tobie ait appris comment se saisir du poisson, il put l'extraire de l'eau et en tira profit en fabriquant des médicaments. L'incertitude devant l'avenir avait disparu, et la peur avec elle. Comme Tobie, nous vivons certainement un changement de regard analogue envers les nouvelles technologies. Sans doute modifiées et adaptées au cours du temps, elles seront in fine parfaitement intégrées à notre quotidien. Seulement, faute de pouvoir faire

appel à un archange capable de nous éclairer, et faute de savoir à l'avance où sont les « ouïes » des nanotechnologies qui permettraient d'emblée de bien les « saisir », notre peur et notre paralysie se prolongeront tant que nous n'aurons pas trouvé la bonne approche.

### **Nouvelles questions éthiques**

Finalement, après la gestion de l'incertitude par rapport à l'avenir, l'éthique des sciences et des techniques s'intéresse aux nouvelles questions de choix moral, posées par les nanotechnologies. Avec les nanobiotechnologies et l'usage des nanotechnologies en médecine, certains pensent qu'un seuil a été franchi, puisque l'homme devient l'objet de la transformation que lui-même désire et commande. À ce jour, on continue de considérer que la réversibilité de toute intervention dans la nature, y compris sur l'homme, garantit en quelque sorte son innocence éthique. Mais la question fondamentale ne se limite déjà plus à la seule réversibilité. Elle est celle-ci : un homme portant un implant cérébral, qu'il puisse ou non le retirer à sa guise, est-il exactement le même homme que celui sans implant ? La notion de dignité humaine joue évidemment un rôle déterminant dans la définition de ce qui est ou non acceptable en termes d'interventions techniques sur le corps humain. Mais l'interprétation du mot « dignité » évolue au cours du temps, quoique lentement. Cela tient à ce que le respect de l'intégrité de la personne demeure fermement ancré dans celui du schéma corporel. Une atteinte au corps, dont on pense aujourd'hui qu'elle serait dégradante, monstrueuse, ou contre-nature, sera très probablement jugée de la même façon dans dix ans ; dans vingt ou cinquante ans, la question peut ne plus se poser de la même façon. Les normes changent de génération en génération, mais le rythme du progrès technique, lui, est beaucoup plus rapide : son accélération ne cesse de réduire le temps laissé à la société pour s'adapter.

L'implantation d'un corps étranger ne visant plus à restaurer la santé ou le fonctionnement normal de l'organisme, mais à augmenter ses performances, n'est pas a priori contraire à l'éthique. Mais quel jugement porterons-nous, nous qui vivons aujourd'hui dans le monde occidental, sur cette évolution éventuelle. Positif ? Négatif ? Moralement neutre ? Des réponses définitives ne s'élaboreront qu'au cas par cas. Cependant, certains ne manqueront pas de trouver la modification de la nature humaine plus effrayante que l'évolution de la condition de l'homme due au progrès technique. Modifier la donne biologique, se mêler en profondeur des affaires de la nature, n'est-ce pas entrer dans une zone dangereuse, voire interdite ? Pourtant l'homme a toujours mis progressivement la main — sa main d'artisan bricoleur — sur les choses qui relevaient jadis du sacré : le feu et la terre, la lumière et la chaleur, la santé corporelle et la distance

géographique. Pourquoi ne la mettrait-il pas aussi sur telle ou telle cellule appartenant à son corps ? Et si cette possibilité se réalise, la morale saura-t-elle s'adapter à la nouvelle donne ?

Changer la condition de l'homme dans le monde nous fait encourir le danger non moins grave que mettre un implant dans le cerveau : le danger de ne plus nous reconnaître en nous-mêmes. Ceci non pas à cause d'un artefact inséré dans le corps, qui augmenterait nos capacités, mais parce que nous aurions rendu notre propre histoire obsolète. L'enjeu est donc de savoir si une modification de la nature humaine conduira, de façon inévitable, à rompre l'universalité de la condition de l'homme. L'homme de demain pourra-t-il encore affirmer, à la manière de Térence : *Posthomo sum, sed humani nil a me alienum puto* ? Si l'on admet l'immortalité biologique comme un horizon réaliste des recherches menées aujourd'hui, écrivait Hannah Arendt, alors « tout ce qu'on a pensé concernant la mort et sa profondeur deviendrait tout simplement risible. Il serait possible de dire que ce prix est trop élevé en contrepartie de la suppression de la mort ». Sans souscrire nécessairement à ce jugement, retenons que le danger pour l'homme n'est pas tant de s'octroyer des capacités nouvelles ou même de se doter d'une nature augmentée. Il est surtout d'aller si loin et si vite dans la modification de sa condition par les nouvelles technique que l'individu futur ne se reconnaîtrait plus dans la continuité de notre histoire.

#### Notes :

---

<sup>1</sup> « Rien ne saurait résister à l'ardeur des mortels ». Odes I, 3.

<sup>2</sup> U. Beck, La société du risque : Sur la voie d'une autre modernité, Flammarion, 1986.

<sup>3</sup> H. Jonas, Le Principe Responsabilité, Flammarion, 1995.

<sup>4</sup> H. Arendt, Condition de l'homme moderne, Calmann-Lévy, 1961, p. 9-10.

<sup>5</sup> Tobie 6 : 2-5.

<sup>6</sup> La formulation du principe de précaution dans la loi française, dite loi Barnier.