



*Séance solennelle de l'Académie des sciences / 21 juin 2011
Réception des nouveaux Membres sous la coupole de l'Institut de France*

Pourquoi le mythe « nano » ?

par Catherine Bréchnac, Secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences

Le mythe est une parole, écrit Roland Barthes dans son ouvrage *Mythologie*. Tirant son origine du mot grec mûthos, le mot mythe est apparu en français au milieu du XIX siècle. Il recouvre aujourd'hui un concept complexe dont le sens diffère de celui des anciens. De nombreuses études ont finalement convergé sur le fait que mûthos et logos ne recouvrent pas deux formes opposées de la parole dont le logos serait la raison, mais plutôt deux formes complémentaires qui ont conduit au discours argumenté. La parole de nos jours a été savamment engendrée par mûthos et logos, pour construire une pensée au travers d'un langage.

Le mythe est une parole, mais ce n'est pas n'importe quelle parole. Comme toute parole, il a une forme et un contenu. Pour définir le mythe on peut s'intéresser à son contraire. Le langage mathématique, dont la structure rigide et indéformable ne laisse aucune place à l'interprétation personnelle, en est un. Ce langage là est exempt d'émotion. Le mythe au contraire est une parole dont la forme est labile et le contenu un savoir confus formé d'associations. Il exacerbe en revanche l'émotivité. En ce sens, le mythe a une valeur sociétale incontestable.

Le mythe a tout envahi. Il fut longtemps confiné au sacré. Dans *Aspects du mythe*, Mircea Eliade propose « *le mythe raconte une histoire sacrée : il relate un évènement qui eu lieu dans un temps primordial, le temps fabuleux des commencements.* » Le mythe raconte, le mythe révèle, et Lévi-Strauss de dire « *quand un mythe est raconté, des auditeurs individuels reçoivent un message qui ne vient, à proprement parler de nulle part. C'est la raison pour laquelle on lui assigne une origine surnaturelle* ». Puis le mythe a dépeint certains comportements humains : le mythe d'Œdipe, le mythe de Don Juan, le mythe de Prométhée

qui devient pour Gaston Bachelard dans *la psychanalyse du feu le complexe de Prométhée*. Le mythe s'est étendu aux choses. La littérature s'en est emparée. La science a longtemps résisté au mythe. Bachelard voyait dans le signifié d'un mythe une explication pré-scientifique à des phénomènes incompréhensibles.

La science qui par essence est le savoir, excluait le mythe, mais depuis que la société réclame que celle-ci soit vulgarisée, et que l'on se doit pour le faire, de quitter le langage scientifique pour utiliser des métaphores, alors le mythe envahit aussi le monde scientifique, et à mon sens cela devient dangereux à la fois pour la pensée qui perd en précision, en acuité, et pour les conséquences que ce mélange entre raison et fiction engendre sur le comportement de nos sociétés.

Le préfixe « nano », quant à lui, signifie un milliardième. Un nanomètre est un milliardième de mètre. Les particules de taille nanométrique appelées depuis quelques dizaines d'années pour faire court « nanoparticules » existent depuis toujours à l'état naturel. Elles existent dans l'espace qui sépare les étoiles sous forme de grains, majoritairement composés de matière carbonée ou de silicates et dont les dimensions varient de quelques nanomètres à quelques centaines de nanomètres. Ces grains de matière produits par des étoiles en fin de vie sont les lieux privilégiés des réactions physicochimiques du milieu interstellaire. Dans l'atmosphère terrestre, les petites particules proviennent des volcans, de l'érosion portée par le vent, de la combustion. Elles constituent des germes pour la nucléation hétérogène de la vapeur d'eau qui se condense en pluie. Ce sont des poussières de poussières. Dans les villes, on compte 10 à 20 millions de particules nanométriques par litre d'air. On commença à les étudier il y a environ un siècle, lorsque Gustave Mie élaborait en 1908 la théorie de la diffusion de la lumière par des poussières, de dimension comparable à la longueur d'onde de la lumière diffusée. L'analyse de cette dernière permet de remonter à la taille des particules. Ce fut longtemps la seule méthode pour mesurer les dimensions des corpuscules nanométriques composant les aérosols. C'est grâce aux progrès technologiques de l'instrumentation scientifique, des microscopes électroniques, des spectromètres de masses, des jets supersoniques, que les scientifiques ont pu observer, créer et étudier ces nanoparticules. Dans la fin des années 70, avant l'utilisation intempestive du vocable nano, l'idée était de suivre la construction de la matière atome par atome afin d'établir un pont entre ses deux états qui sont la phase gazeuse et la phase condensée. Combien d'atomes faut-il pour construire un petit morceau de solide ayant un comportement macroscopique ? La réponse dépend de la propriété que l'on étudie, mais d'une manière générale la portée de la propriété étudiée doit être inférieure aux dimensions de

l'objet. Dans le cas contraire les effets quantiques de taille dominant. Les particules ne se comportent plus comme un petit morceau de solide, les lois d'échelle ne sont plus valables. C'est le domaine de taille où chaque atome compte.

Comprendre les propriétés fondamentales de la matière à cette échelle, là où la surface et la forme de l'objet jouent un rôle dominant devant son volume, devient un enjeu pour la connaissance de la matière. Tel est le cas du carbone que nous connaissons bien sous ses deux formes le graphite et le diamant. A l'échelle nanométrique les atomes de carbone s'organisent en sphères, en tubes, en cornets, et un feuillet de graphite isolé, le graphène, a des propriétés conductrices très différentes de celles du solide. C'est aussi le cas des métaux qui à très petite échelle ont une couleur, engendrée par l'excitation collective des électrons confinés dans le volume de l'agrégat.

Le verre est un bon exemple de matériau où sont exploitées les propriétés des agrégats métalliques, mais ce n'est pas nouveau. Depuis le moyen âge, la couleur d'un rouge profond de certains vitraux de cathédrales fut obtenue par les maîtres verriers qui ajoutaient au verre de la poussière de poussière d'or. Il est remarquable, sur cet exemple, de noter que la technologie précède parfois la science. Le savoir-faire précède le savoir. L'inverse est aussi vrai, de nos jours la compréhension des propriétés des agrégats métalliques a induit de nouvelles technologies du verre ; c'est le cas des verres optique photochromes : ils contiennent des agrégats de taille nanométrique, composés de sels d'argent, qui se dissocient sous l'effet des rayons ultra violet du soleil et se recombinent à l'ombre. Un fin dépôt d'oxyde de titane détruit les traces de graisse par réaction photochimique sous l'effet du rayonnement solaire : ce sont les verres autonettoyants.

Pendant que les scientifiques essayaient de comprendre les propriétés de la matière divisée à l'échelle du nanomètre, la force motrice de la technologie a été de réduire la taille des systèmes. Lorsqu'au congrès de l'American Physical Society (APS) en 1959 Richard Feynman, dans sa célèbre conférence "*Plenty of room at the bottom*" pose la question : ne peut-on pas écrire les 24 volumes de l'Encyclopedia Britannica dans une tête d'épingle? Ce n'était pas de la fiction, cela voulait dire réduire 25000 fois les écrits de l'Encyclopedia Britannica sans imaginer, naturellement, n'enfreindre aucune loi physique. Il a calculé combien de lettres étaient contenues dans l'encyclopédie, combien de bits d'informations cela représentait et a trouvé que si chaque bit pouvait être contenu dans 100 atomes, soit quelques nanomètres, cela devenait possible. L'idée était de rendre aisément transportable cette connaissance, ce qu'avec nos ipod actuels sommes capable de faire. Cependant la réponse à la

question de Feynman ne s'est pas résumée à changer de support et à en réduire proportionnellement les dimensions pour stocker un bit d'informations par cent atomes de support. Il fallut tenir compte du fait que la miniaturisation des systèmes commence à atteindre ses limites fondamentales lorsque les propriétés des éléments constitutifs des systèmes varient avec leur taille. C'est grâce à la découverte en 1988 de la magnétorésistance géante, engendrée par une structure sandwich comprenant deux couches ferromagnétiques séparées entre elles par une feuille de quelques nanomètres d'épaisseur de métal non magnétique, qu'il fut possible de détecter, avec une grande sensibilité, de petits champs magnétiques engendrés par les inscriptions sur un disque dur et d'augmenter considérablement la densité d'informations stockées. Dix ans plus tard, en 1997, toutes les têtes de lecture de disques durs utilisent la magnétorésistance géante.

À diminuer les dimensions des systèmes pour résoudre des défis technologiques, à comprendre au niveau conceptuel la complexité de petits objets en les construisant atome par atome, ces deux approches convergent dans le domaine du nanomètre, celui là même des molécules biologiques. C'est l'existence de ce point de convergence en taille qui rend possible d'associer nano-objets, nano-systèmes, et molécules biologiques. Que peut-on faire de cette compatibilité? Une des possibilités appartient au domaine médical et a pour but de permettre la vectorisation des médicaments. Plutôt qu'administrer directement le médicament et le laisser circuler dans tout le corps, ce qui peut provoquer des effets secondaires néfastes, il peut être préférable d'incorporer ces molécules actives dans des particules bioadhésives capables de reconnaître les protéines de la cellule ciblée. La cible atteinte, le médicament pourra se libérer continûment à travers la membrane de la cellule, et aura une efficacité ciblée avec une dose réduite. C'est aujourd'hui un défi technologique que de trouver les bonnes particules qui s'adaptent aux cellules.

Pourquoi donc le mythe nano ?

Le Mythe est une parole et le nanomètre un milliardième de mètre. Un nanomètre ne se voit pas à l'œil nu. Si les chercheurs d'aujourd'hui ont l'habitude de travailler sur des objets qu'ils ne voient qu'à travers leurs effets, l'acceptabilité par la société de faire de même suscite des craintes.

Le mythe est une parole, et en ce qui concerne les « nano » ce fut une hémorragie de paroles qui commença en 1986 avec la publication du livre d'Eric Drexler « *Engines of creation*,»

livre qui dépeint l'avènement d'un monde nouveau car selon lui, la manipulation de la matière au niveau de l'atome peut créer d'abord un futur d'abondance utopique, où tout pourrait être rendu meilleur marché, où tous les problèmes seraient résolus à l'aide de la nanotechnologie et de l'intelligence artificielle...« *Un dispositif de quelques nanomètres pourrait s'introduire dans le corps sans rien endommager, muni de capteurs, il pourrait renvoyer au médecin des images précises facilitant le diagnostic* ». « *Des nano-robots injectables dans le corps humain pourrait également soigner...* ». Puis, le livre évoque la possibilité d'assembleurs capables de se reproduire eux-mêmes, engloutissant tout sur la terre la transformant en « gelée grise ». Le passage de la description scientifique, à l'extrapolation du possible puis à la science-fiction est flou et présente un danger pour un lecteur non averti. Savoir confus, formé d'associations, le terrain est propice pour la naissance d'un mythe. Parce qu'on ne les voit pas et qu'elles réagissent, les nano-particules ont un grand impact sur notre imaginaire.

Et voilà que de préfixe, « nano » est devenu adjectif, puis substantif uniquement de bouche à oreille. Voilà que chacun s'en est emparé en y mettant une signification qui lui est propre. Voilà que chacun laisse parler son imaginaire, d'abord sous la forme interrogative, puis narrative, sur les bons et les mauvais aspects que lui suggèrent les nano. Bref, le mythe nano s'est installé dans la société, et par les voies de communications contemporaines la parole va bon train. Mais qui eu intérêt à ce déluge de paroles ? Tout le monde trouva intérêt au mythe nano ; ceux qui y croient comme ceux qui n'y croient pas. Les décideurs qui pensent accélérer les recherches technologiques pour leur rentabilité économique et la création de nouveaux marchés, les chercheurs eux-mêmes qui ont laissé dire que les nano étaient la panacée pour récupérer, au bénéfice de leurs recherches, la manne financière fléchée par les décideurs, les médias qui aiment à raconter des histoires qui font peur et qui vivent des histoires qu'ils racontent et de la peur qu'elles engendrent.

Écoutons plutôt Shéhérazade conter une nuit au Sultan la fable du pêcheur et du génie.

Un pêcheur, qui jetait quotidiennement son filet à la mer par quatre fois pour nourrir sa famille des produits de sa pêche, se trouva désemparé lorsqu'un jour, après trois coups de filet infructueux il ramena au quatrième une amphore. Je vendrai cette amphore au marché et avec l'argent de la vente j'achèterai du poisson pensa-t-il. Mais avant de la vendre voyons ce qu'elle contient. Dès qu'il eu ouvert le bouchon qui portait le sceau du roi Salomon, une abondante fumée sombre se mit à s'échapper du vase pour se répandre largement au dessus de la mer et prendre l'aspect d'un énorme Génie menaçant. Pendant des siècles, s'écria le Génie je suis resté emprisonné dans ce vase au fond de la mer pour avoir désobéi au roi Salomon et

maintenant que je suis libéré je t'accorde, ô pêcheur, le droit de faire un vœu avant de mourir. Le pêcheur tremblant de peur à l'idée de mourir rassembla toute son intelligence et dit au Génie : prouve moi qu'un être aussi formidable que toi peut vraiment tenir dans un si petit vase. Vaniteux, pour montrer que tout lui était possible, le Génie se dilua en fumée, et la fumée disparut dans le petit vase. Aussitôt le pêcheur bondit et enfonça profondément le bouchon avant de rejeter l'amphore à la mer.

Comme le pêcheur, il faut raison garder et ne pas laisser se dilater le mythe « nano » qui en envahissant tout perd en signification. Mieux vaut comprendre, créer, utiliser la matière à cette échelle intermédiaire qui, aussi fascinante soit-elle, se doit d'être expliquée avec un esprit rationnel, et les technologies qu'elle engendre évaluées en comparant leurs bénéfices et leurs risques pour une utilisation à bon escient. Loin de transformer l'homme en esclave des nouvelles technologies, celles-ci doivent être au service de l'homme pour l'aider, améliorer son environnement et lui laisser le temps de penser. L'angélisme n'étant pas de ce monde, l'esprit critique est de rigueur.

Pour conclure, je citerai une phrase de Victor Hugo tirée des dernières pages du livre « Claude Gueux » où après l'exécution de celui-ci une réflexion s'établit sur deux questions de société : question de la pénalité et question de l'éducation.

« Quand la France saura lire, ne laissez pas sans direction cette intelligence que vous aurez développée. Ce serait un autre désordre. L'ignorance vaut encore mieux que la mauvaise science »

Il est vrai, l'ignorance peut être combattue par l'éducation, mais la mauvaise science engendre l'idéologie et rend arrogant et nuisible celui qui s'en sert.