

ENCUENTRO TÉCNICO 5 DE MARZO DE 2010
***Nanotecnología aplicada a los tratamientos
de conservación y restauración***

**Visión crítica del seminario sobre « Nanoparticulas y arte »
(París, 19 de Noviembre 2009)**



Thierry Lalot, Professeur
Centre de Recherche en Préservation des Biens Culturels (CRPBC)
EA 4100 Histoire Culturelle et Sociale de l'Art
Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

1. Introduction
2. La conservation-restauration à l'université
Paris 1 Panthéon-Sorbonne
3. « Nanosciences et nanoart », 19 novembre 2009, Paris
 - 3.1. *L'état d'esprit*
 - 3.2. *Le programme*
 - 3.3. *Les interventions « sciences de la matière »*
 - 3.4. *Synthèse critique de la journée*
4. Le débat autour des nanotechnologies
 - 4.1. *Thèmes mis en débat*
 - 4.2. *Les objectifs du débat*
 - 4.3. *Les principes du débat*
 - 4.4. *Les suites du débat*
 - 4.5. *Quelques exemples de questions*
5. Conclusion

1. Introduction

Mesdames, Mesdemoiselles, Messieurs, j'aimerais en premier lieu remercier les organisateurs de cette journée d'étude consacrée aux nanotechnologies appliquées à la conservation-restauration et particulièrement aux traitements des œuvres. Je dois souligner que le contact établi initialement par Monsieur Benoît de Tapol du musée national d'art de Catalogne m'a d'abord réjoui et s'est tout de suite inscrit dans un échange très cordial. Cette initiative de sa part montre combien l'intérêt pour les nanotechnologies est vif en Europe, en Espagne notamment et je me félicite que la journée organisée à Paris, le 19 novembre 2009, dont je vais parler dans un instant, ait attiré son attention. Je voudrais dire à Benoît de Tapol toute ma reconnaissance ainsi qu'à tous mes correspondants espagnols qui, en m'accueillant à Madrid, en organisant ma venue, en m'écrivant, souvent d'ailleurs pour me relancer face à mon absence de réponses, ont contribué à rendre mon séjour agréable et riche. A vous tous donc, un très grand merci.

Aux organisateurs de cette journée, je voudrais témoigner de l'honneur qu'ils me font en m'accordant une si grande tribune. Je ne sais si je consommerai l'heure d'intervention qui m'a été confiée mais je suis en mesure de dire dès à présent que je ferai tout pour éviter d'être ennuyeux ou provoquer la perte de concentration bien légitime en cette fin de longue et studieuse journée. Au moins, puis-je espérer stimuler les esprits avant la discussion qui suivra mon exposé.

Pour ce faire, j'ai choisi de suivre le plan qui se présente à vous maintenant en articulant mon propos autour d'une synthèse critique de la journée « Nanosciences et nanoart » qui s'est tenu à l'institut Poincaré à Paris, le 19 novembre dernier. J'ai précisé dans mon résumé que je me concentrerai davantage sur les interventions de mes collègues des sciences de la matière sans occulter ou dissimuler bien sûr l'intérêt que suscita la parole donnée à des artistes, des historiens ou encore des critiques d'art. Je rappellerai brièvement cet intérêt en abordant l'état d'esprit qui présida à l'organisation d'une telle journée.

Mais avant cela et si vous le permettez, il me semble utile de dire quelques mots sur la conservation-restauration à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, dont le périmètre est en train de s'élargir avec l'émergence d'une recherche doctorale. Je commencerai donc par donner ces éléments de contexte.

Je terminerai ma présentation en ouvrant le sujet abordé sur le plan des sciences de la matière au vaste débat qui anime l'opinion public et les communautés potentiellement ou déjà utilisatrices de ces nanomatériaux.

2. La conservation-restauration à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

Historiquement, l'enseignement de la conservation-restauration fait son entrée à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne en 1973 avec la création d'une Maîtrise de Sciences et Techniques (MST) en conservation-restauration des biens culturels. En 2006, cette MST est transformée de manière à répondre à l'organisation de l'enseignement universitaire en Europe, organisation connue sous l'acronyme LMD, L pour Licence, M pour Master et D pour Doctorat. Cette formation conduit, après cette réforme LMD, à un Master professionnel de conservation-restauration des biens culturels.

A la rentrée prochaine, en octobre 2010, ouvrira un Master Recherche intitulé « Patrimoine et Conservation-Restauration » visant à favoriser l'accès des étudiants au doctorat à l'issue de leur Master recherche.

Cette formation à la recherche par la recherche est attachée à une composante que je dirige et qui appartient à l'équipe d'accueil *Histoire Culturelle et Sociale de l'Art*. Si je porte à votre connaissance ces informations, c'est pour insister sur l'émergence de la recherche universitaire dans une faculté de sciences humaines telle que Paris 1 d'une part, et pour situer également la composante co-organisatrice de la journée du 19 novembre dernier.

En quelques mots, qu'étudions-nous au sein de cette composante de recherche ? Ce centre appelé CRPBC, *Centre de Recherche en Préservation des Biens Culturels*, se conçoit avant tout comme un lieu d'échange et de confrontation des idées produites et véhiculées dans le vaste domaine de la préservation des biens culturels. Son activité est orientée vers l'observation, l'évaluation et l'interprétation d'informations émanant de différentes approches disciplinaires (recherche historique, critique artistique, exploration physico-chimique, ...). S'attachant à produire un nouveau savoir, cette activité vise à modéliser ces données, à valider ou invalider les concepts qui en découleront, à remodeler éventuellement ceux qui existent déjà, à formaliser les débats actuels, à prendre en compte tout regard neuf porté sur le corpus d'étude que constituent les objets du patrimoine.

La vocation du CRPBC, son ambition, réside dans la volonté collective de créer un socle de réflexions et de connaissances, fondateur d'une vision contemporaine de la préservation des biens culturels.

Pour cela, nous avons identifié au sein de ce centre trois champs d'investigations majeurs. Le premier porte sur la connaissance des objets patrimoniaux du point de vue des technologies artistiques mises en œuvre lors de leur création, l'idée de procéder à des reconstitutions de ces objets à partir de recettes anciennes étant une suite logique de l'étude technologique.

A la connaissance des objets, nous ne voulons opposer mais simplement apporter un second champ d'investigation intitulé « Connaissance des idées ». Il s'agit là de concevoir la conservation-restauration d'un point de vue essentiellement épistémologique, point de vue dans lequel l'histoire, les théories, l'histoire des théories de la restauration font écho à des recherches portant sur les notions de valeur culturelle et de patrimonialisation.

Enfin, pour rester succinct, le troisième champ s'intéresse à un secteur de recherche et de développement tourné vers les produits, les matériaux, les procédés de restauration ainsi que vers les nouvelles activités en matière de préservation du patrimoine.

Ces trois champs d'investigation ont pour domaine commun le cœur des problématiques de recherche. Ce dernier se résume au mot « *Matérialité* ». A travers ce mot, c'est aussi marquer combien l'objet matériel, l'œuvre incarnée physiquement, est au centre des préoccupations des sciences humaines et sociales dont se réclame la composante CRPBC. Je le dis avec autant plus d'aisance que je suis chimiste de formation : en matière de préservation, il n'existe pas une clé unique que détiendrait les sciences de la matière. Les sciences humaines et sociales doivent déployer une recherche doctorale dans le domaine de la conservation-restauration et je crois pouvoir dire que le CRPBC s'y emploie depuis un peu moins de deux ans maintenant. Ce centre compte aujourd'hui 8 doctorants et accueillera à la rentrée prochaine une quinzaine de Master recherche, je l'espère.

C'est dans ce contexte de recherche que le CRPBC a décidé de devenir partenaire de la journée du 19 novembre 2009, lorsque que mon collègue de Paris 6 m'a proposé d'organiser une journée d'étude commune.

3. Nanosciences et nanoart, 19 novembre 2009, Paris

3.1. *L'état d'esprit*

Dans quel état d'esprit et à quelles fins a été organisée cette journée « Nanosciences et nanoart » ? Cette avant toute chose, la rencontre de deux grands domaines scientifiques, dois-je le rappeler, celui des sciences de la matière et celui des sciences humaines. En focalisant davantage le propos, il était aussi question de réunir dans un amphithéâtre deux communautés se réclamant des sciences pour l'une et de l'art pour l'autre.

Cette confrontation visait ainsi à élargir le préfixe *nano* et donner la parole à tous ceux qui y sont confrontés que ce soit dans une activité créatrice ou de recherche, l'une n'étant pas incompatible avec l'autre. Je dois préciser à ce stade encore général

de la présentation de cette journée que la conservation-restauration n'était pas directement désignée par la teneur de ce colloque. En revanche, avec mon collègue co-organisateur Niki Baccile de l'université Pierre et Marie, je concevais que cette journée, si elle ne rendrait pas directement compte des applications des nanotechnologies en conservation-restauration, éveillerai l'intérêt de cette communauté pour ce domaine encore mal connu.

L'enjeu consistait alors à sensibiliser la conservation-restauration à ce qui se fait notamment en sciences de la matière afin de préparer le discours critique. La meilleure preuve de la réussite de cette entreprise, et je vous demande de pardonner mon immodestie, consiste à rappeler que l'organisation de cette journée du 19 n'était pas encore achevée que Monsieur de Tapol entrerait, cher Benoît, vous entreriez en contact avec moi pour obtenir des informations. La sensibilisation recherchée avait déjà franchi les sommets des Pyrénées.

Cet état d'esprit, résumé en terme d'objectif, nous a fait écrire, à mon collègue Baccile et moi-même, le paragraphe suivant : *« cette journée d'étude tentera de donner un aperçu des matériaux existants et des concepts en vigueur dans le domaine des nanosciences. Autour d'œuvres et d'expériences, elle réunira scientifiques de la matière, historiens de l'art, conservateurs, conservateurs-restaurateurs, artistes, galeristes et critiques d'art. »*

3.2. Le programme

Le programme fut ensuite conçu de manière à rester fidèle à cet état d'esprit. Nous avons dégagé trois sessions avec le souci permanent de ne pas noyer le discours dans l'univers des sciences dures ou dans celui de l'art. Une règle d'alternance des intervenants en fonction de leur profil s'est naturellement imposée à nous.

Dans la première session intitulée « Art et matériau », ce sont un historien d'art, conservateur-restaurateur de peinture puis une critique d'art qui ont lancé la journée. A ces premiers interlocuteurs, ont succédé, lors de la deuxième session intitulée « Nanosciences » les interventions d'une grande figure des nanotechnologies en France, Jacques Livage et d'une non-moins spécialiste, Maddy Elias. Je reviendrai plus en détail sur la conférence de Jacques Livage.

La troisième session « Œuvres et expériences », nous voulions la consacrer aux regards croisés des scientifiques de la matière et des artistes en jouant sur le principe d'alternance précédemment évoqué. C'est ainsi que se sont enchaînés au cours de l'après-midi ces communications dont la liste est présentée sur le document projeté.

Je profite de cet instant pour dire combien la réception, l'emploi, la signification du préfixe *nano* diffèrent selon que l'on possède une fibre, un talent artistique ou une compétence scientifique. A ma grande surprise, je me suis heurté en fin journée à un

coup de fatigue d'abord mais surtout à cette étonnante considération : Diable ! Que les artistes et les scientifiques sont éloignés les uns des autres quand ils manipulent le préfixe *nano*. En les réunissant en un même lieu, leurs différences dans l'acceptation du préfixe *nano* se sont exaltées davantage que leurs points communs. La chose opérante à l'origine de ces différences est probablement un glissement sémantique qui depuis la sphère des sciences s'est conceptualisé d'une manière propre aux artistes. A titre d'exemple, la notion de dimension, de taille des objets, omniprésente dans le nano des scientifiques, ne l'est plus autant dans le nano conceptualisé des créatifs. Que dire alors du *nano* des publicitaires si bien venu avec le iPod Nano ? Il y aurait certainement une étude sociologique à conduire autour de ce préfixe ; mais je m'écarte de mon propos.

J'en viens maintenant à la présentation des interventions préparées par mes collègues des sciences de la matière.

3.3. Les interventions « sciences de la matière »

Jacques Livage

Collège de France, Paris

De la science du feu aux nanomatériaux bio-inspirés

Le titre de la conférence de Jacques Livage, professeur au Collège de France, « *De la science du feu aux nanomatériaux bio-inspirés* » est tout à fait représentatif de la démarche suivie par son auteur. Jacques Livage rappelle en effet dans une large introduction que matériaux, civilisations et arts du feu sont étroitement liés, en ce que l'homme a progressé sur un plan technologique grâce à la maîtrise du feu et plus précisément grâce à la maîtrise des températures mise en œuvre par le feu. « *Il y a une étroite association entre la civilisation humaine, la nature des matériaux et la maîtrise du feu* », nous dit-il en montrant quelques exemples d'objets ou d'œuvres en pierre, cuivre ou fer.

Dès lors, le pont vers les nanotechnologies ne semble pas évident mais Jacques Livage nous y conduit avec l'âge du silicium caractéristique, selon lui, du XXI^{ème} siècle. « *On donnera un prix à celui qui réussira à mettre les 24 volumes de l'encyclopédie sur une tête d'épingle* » propose the American Physical Society. La réalisation de mémoires électroniques a dépassé aujourd'hui cette proposition de récompense. On voit ici s'établir une première notion fondamentale consistant en la dimension infiniment petite des objets mis en œuvre par les nanotechnologies.

Le second point développé dans cette conférence porte sur les deux grandes démarches adoptées pour construire des nanomatériaux :

- l'approche descendante ou top-down qui consiste à aller vers des dimensions de plus en plus petites en partant du macroscopique. Cette approche est typiquement représentée par la miniaturisation des circuits électroniques imprimés, la microlithographie.
- l'approche ascendante ou bottom-up consiste en la construction d'un matériau nanostructuré à partir de molécules ou de nanoparticules.

Le troisième point sur lequel insiste Jacques Livage porte sur la chimie douce à l'origine de la construction de ces édifices. Il nous invite pour cela à revenir des centaines de millions d'année en arrière afin d'observer certains microorganismes puisés dans le plancton : les diatomées et les coccolites, micro-algues du plancton, présentent des structures à base de silicium, l'atome du verre, pour les premiers microorganismes et de carbonate de calcium, molécule des céramiques, pour les seconds. L'un des faits remarquables demeure que ces structures présentent une organisation à l'échelle du milliardième de mètre tout à fait ordonnée. Et cet ordonnancement est responsable de propriétés remarquables que l'homme va chercher désormais à reproduire en laboratoire en s'inspirant du monde vivant et à exploiter dans des applications particulières. Les nanomatériaux bio-inspirés sont nés.

On retiendra aussi que la taille des particules est si petite que ces dernières pénètrent aisément les cellules des organismes vivants. Elles représentent donc un danger potentiel et ne doivent pas être respirées. Il s'agit là d'une remarque en tout point équivalente à ce que l'on peut dire sur l'usage des solvants et leur dangerosité. Jacques Livage rappelle notamment que ce danger potentiel est détourné à des fins de médecine extrêmement ciblée par la possibilité de transport de médicaments par ces nanoparticules au cœur des cellules. Nous ne sommes pas très loin du poison qui, à faible dose, devient un médicament. La restauration de la mosaïque du Jugement Dernier de la cathédrale de Prague a fait appel à des revêtements à base de nanoparticules de silice, nous informe Jacques Livage enfin.¹

Au cours de cette conférence, le non-initié aura pris la mesure du potentiel extraordinaire de ces nanomatériaux tant par leur diversité structurale que par l'éventail des propriétés.

Mady Elias

CNRS - Institut des Nanosciences de Paris

La matière mise à nu par ses voyeurs...

Mady Elias a participé à la découverte de la composition chimique du *sfumato* utilisé par Leonard da Vinci dans la Joconde. Son exposé montre comment la tomographie

¹ A. Erchad-Langroudi and A. Rahimi, *Int. J. Nanotechnology*, Vol. 6, **10-11**, 2009.

optique cohérente, une technique de spectroscopie optique non invasive, a été appliquée pour cette étude. Cet exemple montre comment une technique parmi les nombreuses techniques de visualisation et analyse des matériaux met à nu l'œuvre d'art la plus connue au monde.

La conférence de Mady Elias nous entraîne au cœur de la matière et, à cet égard, notre regard parcourt des images d'objets dont la taille entre dans la dimension nanométrique. Cette conférence se distingue de l'intervention de Jacques Livage. Beaucoup moins généraliste, elle insiste sur ce célèbre exemple d'application d'une technique d'analyse à la recherche d'une technologie artistique.

Luca Malfatti

Université di Sassari, Italie

Nanomatériaux du design et de l'architecture

Luca Malfatti travaille à l'université de Sassari en Italie. Son exposé s'intitule « *Nanomatériaux du design et de l'architecture* ». Il nous montre comment la communauté des designers et des architectes est très fortement touchée par les révolutions introduites en science des matériaux. Des exemples bien précis extraits du design et de l'architecture d'extérieur et d'intérieur montrent l'emploi de concepts tels que les quasi-cristaux et l'auto-assemblage ou bien de propriétés de matériaux telles que les surfaces auto-nettoyantes.

Il y a dans ses applications à ce domaine particulier, certainement des idées à développer pour la conservation-restauration. Avec cette présentation, l'observateur mesure combien les applications sont diverses et variées, à l'instar de ce que disait Jacques Livage dans son exposé d'introduction générale à cette journée. Une démarche apparaît donc plus clairement, caractéristique de la méthodologie des scientifiques de la matière, consistant à dire que la structure d'un matériau et ses propriétés sont intimement liés.

Jean-François Berret

CNRS - Université Paris Diderot, Paris

Les aimants liquides

Avec Jean-François Berret nous pénétrons l'univers des ferrofluides. Ces matériaux sont constitués par des nanoparticules d'oxyde de fer ; ils se présentent sous forme liquide et ils ont la propriété d'être attiré par un aimant. Son travail montre aussi comment, en jouant sur la géométrie des particules (sphères, bâtonnets), il est possible d'ajuster certaines propriétés de ces matériaux.

Des ferrofluides au ferrogels étudiés par nos collègues italiens ici présent, il n'y a pas de saut conceptuel. Il s'agit toujours d'emprisonner des nanoparticules magnétiques dans une matrice plus ou moins complexe, plus ou moins fluide, plus ou moins souple. Des études auxquelles j'ai participé lorsque j'étais encore à l'université Pierre et Marie

Curie consistaient à interdire la migration des nanoparticules magnétiques en dehors de leur matrice hôte. Ces travaux conduits par Valérie Cabuil dans l'ancien laboratoire du professeur Massart datent d'une dizaine d'années et je crois pouvoir dire que la migration de ces particules en dehors du réseau est un problème maîtrisé aujourd'hui.

J'ajoute que cette question n'est pas sans rapport avec les problématiques de sécurité des personnes et des œuvres engendrées par ces nouveaux matériaux. Mais désignons bien, une nouvelle fois, l'objet montré du doigt. Le matériau nanostructuré, c'est à dire, présentant un ordonnancement à l'échelle du nanomètre, n'est pas en soi dangereux ; en revanche, ces éléments structurant le sont s'ils reviennent où s'échappent à l'état de briques élémentaires. Je reviendrai sur ce point, un peu plus loin.

David Quéré

CNRS - Ecole Polytechnique, Paris

Le monde imperméable

En partant de matériaux naturels comme les feuilles de Lotus, David Quéré montre comment la matière peut être imperméabilisée en jouant sur ses propriétés de surface. Au cours de cet exposé, le conférencier présente des vidéos montrant des gouttes d'eau rebondissant sur une surface comme des balles de ping-pong. Au-delà des caractères ludique et extraordinaire de ces images, une application des nanomatériaux est ici illustrée à travers le thème des surfaces super-hydrophobes.

De telles propriétés ne peuvent être dénuées d'intérêt pour la conservation-restauration. Elles intéressent la problématique générale liée à la présence d'eau, sous ses diverses formes, dans l'environnement des œuvres, notamment.

Sophie Caissagnon

Université Pierre et Marie Curie, Paris

Des nanoparticules qui dégradent la matière

Sophie Cassaignon travaille sur un matériau très utilisé en cosmétique. Les nanoparticules d'oxyde de titane, dans leur forme cristalline, l'anatase, ont la capacité de dégrader la matière organique en présence de lumière ultraviolette. Ce matériau est utilisé pour des applications telles que les verres auto-nettoyants pour éliminer des composés organiques polluants dans l'air. Elle montre à l'aide d'une petite expérience que le contrôle de la taille des particules et de leur structure cristalline est d'une importance cruciale pour dégrader de manière efficace un colorant hydrosoluble.

Là encore, avec l'idée que des surfaces se débarrassent d'elles-mêmes de la matière en consommant un rayonnement nuisible aux œuvres nous voyons poindre de grandes applications aux domaines de la protection de ces œuvres.

Ludwik Leibler

CNRS – ESPCI, Paris

Auto-réparation de la matière

Ludwick Leibler montre les époustouflantes propriétés d'auto-cicatrisation d'un matériau plastique. Les propriétés de "self-healing" (auto-cicatrisation en français) dérivent du concept de l'auto-assemblage, c'est à dire de l'idée de mettre ensemble de petites molécules qui ont la capacité de se reconnaître et de se lier. Le matériau possède un aspect massif et de très bonnes propriétés élastiques. Il résulte d'un assemblage de nano-éléments. Après une rupture, lors du rapprochement des deux morceaux, les nano-éléments interagissent de nouveau, ce qui permet la reconstruction de l'objet.

Benoît Dubertet

ENSCP, Paris

Un point quantique c'est tout !

Benoît Dubertet montre une série de nanomatériaux connus en anglais sous le nom de "Quantum dots" (points quantiques). Ce sont des nanoparticules de semi-conducteur qui émettent tous les couleurs de l'arc-en-ciel en présence d'une lumière ultra-violette. Un unique changement de taille – et des variations de un nanomètre suffisent - provoque une variation de la lumière émise. Grâce à leur taille nanométrique et à leur pouvoir émetteur de lumière visible, ces particules sont utilisées, entre autre, pour suivre les mécanismes de division cellulaire.

Ce dernier exposé pointe en filigrane l'étroite dépendance entre la taille des objets constitutifs du matériau et les propriétés de ce matériau. Ici, un changement de propriété est enregistré pour une variation de la taille de l'ordre du milliardième de mètre.

3.4. Synthèse critique de la journée

Cette dernière remarque fournit le lien vers la synthèse critique de cette journée. Ce qui émerge au sein de cet ensemble, vaste ensemble de données, informations, démonstration, c'est d'abord certainement une démarche que les scientifiques de la matière ont qualifié d'ascendante, la démarche *bottom-up*.

Ce jargon de chimiste dissimule en fait un point central. Les molécules et les nanoparticules constituent les briques élémentaires et nécessaires à la construction d'un matériau nanostructuré, à l'instar de ce que la brique est l'élément de construction de la muraille de Chine. Le ressort de cette métaphore se détend lorsqu'on l'on compare les formes de l'élément de base et de l'objet réalisé. La muraille de Chine ressemble davantage à un gigantesque serpent qu'à une brique. Elle doit sa forme, ses propriétés, à l'élément et à la technologie mise en œuvre.

Attachée à cette démarche, une notion sous-jacente fondamentale aussi se dégage avec le contrôle que le chimiste ou le physicien est en mesure d'exercer sur la matière, c'est à dire ici pour les nanomatériaux, le contrôle à l'échelle du milliardième de mètre.

La multitude de nanomatériaux rencontrés lors de cette journée démontrent que cette approche bottom-up et le contrôle exercé sur l'arrangement de très petits objets au sein de la matière est une source extrêmement riche de nouvelles propriétés ou peut-être d'une manière plus pragmatique, de nouveaux comportements des matériaux.

A cet égard, il y a une recherche, à défaut de recherche, une veille technologique à entreprendre par les acteurs du monde patrimonial. A mes yeux, la journée d'aujourd'hui entre tout à fait dans cette volonté de veille technologique et le mérite vous en revient, chers organisateurs.

Au sein d'une équipe pluridisciplinaire idéalement, il s'agit de dire au chimiste en particulier que le nettoyage d'une œuvre, l'allègement d'un vernis, le comblement d'un manque, exigent des matériaux possédant des propriétés particulières et spécifiques dont les caractéristiques sont à définir très précisément. Les règles déontologiques propres à la restauration mériteraient également un examen approfondi en concertation avec le chimiste car elles participent étroitement à la définition d'un objectif de restauration. Dès lors, le chimiste peut se mettre au travail pour répondre à un véritable cahier des charges.

Avec les nanotechnologies nous assistons, comme cela s'est produit avec les polymères de synthèse, dans la seconde moitié du XX^e siècle, davantage à une transposition des propriétés intéressante certes, mais dont l'élaboration n'a pas été nécessairement mûrie à dessein de restauration.

Ceci fut fortement exprimé lors de cette journée par le fait implicite que les propriétés des nanomatériaux rencontrent de nouvelles applications. C'est la démarche du chimiste créatif. Il est alors légitime de vouloir tester ces matériaux dans des domaines où l'application semble intéressante, y compris dans le champ de la restauration. Ces produits de l'industrie de la chimie et de la physique des matériaux ne sont pas toujours remodelés dans le but d'une application aux traitements de la conservation-restauration, cependant.

Une problématique a été délibérément éludée lors de cette journée, malgré les quelques questions qui ont tenté de porter les nanomatériaux sur le terrain du débat public concernant leur toxicité. Cette volonté des co-organisateur, et que j'assume pleinement devant vous mesdames et messieurs, visait simplement à concentrer le propos sur les réalisations scientifiques dans le domaine des nanosciences. Mon collègue Niki Baccile l'a précisé en introduction à cette journée d'étude en prenant le

soin de donner des informations sur ce débat. Alors puisque nous n'en avons pas parlé le 19 novembre dernier... discutons-en maintenant.

4. Le débat autour des nanotechnologies

Ce débat vient de s'achever en France. Il s'est déroulé du 15 octobre 2009 au 24 février 2010. Nous sommes tous dans l'attente de la synthèse qui en sera faite. J'aimerais vous rendre brièvement compte de ce débat en m'appuyant largement sur les informations fournies sur le site de la Commission nationale du débat public (CNDP), autorité administrative indépendante, qui a confié l'organisation du débat public et son animation à la Commission particulière du débat public (CPDP).²

4.1. *Thèmes mis en débat*

Le champ du débat fut très large. Sans que cette liste soit limitative, il s'est adressé :

- aux nanosciences, aux nanotechnologies et à toutes leurs applications ;
- à leurs aspects scientifiques, techniques, industriels et économiques ;
- aux risques sanitaires qui peuvent en résulter pour les travailleurs, les consommateurs, le public en général ;
- aux risques pour l'environnement que peuvent générer les produits des nanotechnologies tout au long de leur cycle de vie ;
- à l'impact que peuvent avoir les nanotechnologies sur notre vie quotidienne, sur notre santé... ;
- à l'impact qu'elles peuvent avoir sur nos sociétés, en particulier en termes de développement durable ;
- aux questions éthiques de diverses natures qu'elles soulèvent : protection des libertés individuelles, équilibres géopolitiques, limites de l'intervention sur le vivant... ;
- aux mécanismes de contrôle, régulation et gouvernance à mettre en place pour maîtriser leur développement.

4.2. *Les objectifs du débat*

- *Inform*er la population sur les principales controverses que soulève le sujet et lui permettre de comprendre les positions des acteurs qui les portent.
- *Permettre* à la population de s'exprimer sur les nanotechnologies.
- *Eclairer* les grandes orientations de l'action de l'Etat.

² <http://debatpublic-nano.org/participer/cndp-cpdp.html>

4.3. Les principes du débat

Ces principes reposent sur trois mots-clés : transparence, équivalence et argumentation.

- *Transparence* : toute l'information sur le projet est rendue disponible et compréhensible.

- *Equivalence* : quelque soit son statut ou sa représentativité, toute personne peut s'exprimer, poser une question, donner son avis et émettre une proposition.

- *Argumentation* : pour garantir la richesse et la pertinence du débat, les différentes prises de position doivent être argumentées.

4.4. Les suites du débat

- *Compte-rendu et bilan* : Dans les deux mois suivant la clôture du débat public, la Commission particulière, sans prendre position, publie un compte-rendu des opinions exprimées durant le débat et le président de la Commission nationale établit un bilan en présentant les éléments essentiels.

- *Décision du maître d'ouvrage* : Dans les trois mois suivant la publication du compte-rendu et du bilan du débat, le maître d'ouvrage annonce sa décision quant aux suites qu'il compte donner au projet à l'aune des opinions exprimées lors du débat public.

4.5. Quelques exemples de questions

- Le Magazine-fév-mars/10
Ces innovations qui vont nous changer la vie
- Ouest France-22/02/10
L'infiniment petit est-il une réelle menace ?
- Midi Libre-22/02/10
Nanotechnologies, côté jour et côté obscur
- AFP Éco-21/02/10
Nanotechnologies : un débat public devenu impossible s'achève.
- Nouvelobs.com-21/02/10
Nanotechnologies : le débat tourne court
- Courant alternatif-févr-10
Lutttes contre les nanotechnologies
- Libération-27/01/10
Nanotechnologies, le débat confisqué par la peur
- www.industrie.com-27/01/10
Nanotechnologies : débat ou combat ?

Bref, Mesdames et Messieurs, vous avez mesuré combien les nanotechnologies stigmatisent la peur, l'opposition frontale entre le pro- et les anti-nanotechnologies ou bien encore l'émerveillement le plus enfantin. Souvent, la sagesse se situe à la croisée des chemins et il y a fort à parier que ce débat n'apporte rien de bien concret.

Je préfère pour ma part m'en remettre à ce que je sais et qui pose en effet question.

Par essence, les nanomatériaux mais pas tous, ceux conçus à partir de la démarche bottom-up se présentent d'un point de vue général sous la forme d'un assemblage de particules ou de molécules dont l'échelle de grandeur se situe bien dans le domaine du nano. Ces dimensions sont compatibles avec les dimensions cellulaires ce qui rend ces dernières perméables à ces particules. Il y a une véritable question de risques pour les personnes et d'éco-toxicologie.

Cependant, dans le champ patrimonial, n'a-t-on jamais vu un restaurateur travaillé avec des solvants, produits chimiques dangereux ? Dans le cas des nanomatériaux, s'ils trouvent et ils trouvent application en restauration, il faut impérativement donner au professionnel la maîtrise des produits qu'il utilise comme on essaie de l'enseigner au cours de leur formation. Par exemple, l'utilisation d'un ferrogel pour nettoyer une œuvre ne constitue pas un danger d'un degré plus élevé que l'utilisation d'un solvant organique, encore faut-il connaître bien ce que l'on manipule.

Le second point concerne la maîtrise de la question concernant le comportement de ces nanomatériaux dans la durée et notamment dans une perspective d'altération de leurs propriétés, donc de leur structure. A cet égard, ces questions ne doivent pas être traitées à la légère lorsqu'on envisage en particulier d'incorporer un nanomatériau dans une œuvre. A ce jour, nous n'avons pas assez de recul pour disposer d'informations suffisantes. La prudence s'impose donc.

5. Conclusion

En guise de conclusion, Mesdames et Messieurs, j'aimerais souligner que la nouveauté, et la nouveauté scientifique en particulier, a toujours déclenché des réflexes protectionnistes. C'est humain. Lorsque ces réflexes engendrent la peur, il devient alors impossible d'analyser les problématiques avec sérieux et pondération. Le rejet systématique n'a jamais été une conduite digne d'intérêt. A contrario, ne tombons pas dans l'excès inverse qui nous éloignerait d'un principe bien simple à appliquer : le principe de précaution.

Je vous remercie vivement de votre attention.