



Les matériaux moléculaires thermo, piézo et photo-commutables : une voie pour les nano-dispositifs du futur

par **Azzedine BOUSSEKSOU**, Membre élu dans la discipline « Chimie »

Monsieur le Président, chères consœurs, chers confrères, chers amis, chers invités, Mesdames et messieurs,

Tout comme mes collègues, et l'ensemble des nouveaux membres de l'Académie des Sciences, je suis très heureux et très honoré par cette distinction de me compter parmi les membres de la prestigieuse académie des sciences française. Je tiens tout particulièrement à remercier la section chimie de l'Académie de m'avoir proposé et l'ensemble de l'Académie de l'avoir accepté et validé. Ainsi je ressens une immense fierté d'avoir atteint ce niveau de considération mais aussi je mesure la lourde responsabilité de mener à bien, avec mes consœurs et confrères, les missions nobles stratégiques de l'académie des sciences pour la promotion de la science et de la connaissance au plus haut niveau, pour la promotion de la recherche pour un positionnement fort sur le plan international, pour la promotion de la formation des jeunes pour préparer leur avenir et pour la promotion d'actions de valorisation du savoir pour l'amélioration de notre quotidien et répondre aux besoins sociétaux majeurs.

Ainsi la Chimie est une science qui s'alimente des aboutissements concrets de la pensée humaine. Partant d'une réaction entre deux espèces pour obtenir une nouvelle espèce, toute la question qui se pose au chercheur, c'est comment faire pour obtenir non seulement une nouvelle espèce, mais une nouvelle espèce souhaitée, désirée, qui aidera à valider des hypothèses de conception de la matière, élément de base de notre existence ou encore une nouvelle espèce qui peut être par répétitions la brique de base d'un matériau, une molécule qui a une propriété utile dont l'utilisation aidera à améliorer notre quotidien dans les différents domaines tels quel la santé, l'environnement, l'énergie, les matériaux, les matériaux fonctionnels intégrables dans des dispositifs...

Nous sommes faits de molécules, nous buvons de l'eau, nous respirons de l'air, nous buvons et respirons des molécules... Quand on parle, ce sont des molécules que nous déplaçons pour communiquer entre nous. Comprendre et créer des molécules c'est comprendre et créer notre existence et son évolution.

Nous souhaitons alors communiquer avec ces molécules. Comme vous savez, il y a plusieurs moyens de communiquer entre personnes : la voix, le geste, l'écrit,... Avec certaines molécules dites commutables, nous souhaitons aussi communiquer et nous le faisons déjà! En leur envoyant un stimulus, un peu de chaleur ou une excitation lumineuse, un champ magnétique, un champ électrique, une impulsion de pression, ces molécules répondent par un changement de propriétés : la couleur, l'aimantation, le volume, la conduction électrique, ... ainsi par répétition de ces molécules qui répondent à des excitations extérieures, nous fabriquons ce qu'on appelle aujourd'hui les matériaux multifonctionnels intelligents ou encore ce que vise l'Europe aujourd'hui à l'horizon 2020 : les « Smart materials ».



Ainsi nous partons d'une réaction dont nous analysons le processus réactionnel, que nous pouvons imaginer ou prédire en nous basant sur la théorie (la Chimie et la Physique théorique), pour obtenir une nouvelle molécule dont nous mesurons les propriétés puis nous envisageons de l'utiliser pour améliorer notre quotidien. Cette validation et amélioration nous permettent de penser à de nouvelles réactions en vue de nouvelles propriétés et ainsi l'évolution se fait de façon spirale (récurrente)...

Ceci me conduit à une pensée particulière pour l'extraordinaire idée de mettre en place un CNRS qui nous offre les conditions de cette démarche mais surtout le temps de bien comprendre, c'est juste une idée exceptionnelle qui j'espère perdurera et résistera aux secousses financières que nous connaissons en ce moment. Et à cette occasion je voudrais exprimer toute ma gratitude et reconnaissance au CNRS qui m'a offert et qui offre à l'ensemble de la communauté internationale le cadre idéal pour mener une recherche de haut niveau dans une sérénité hautement constructive. Le CNRS est une idée d'une pertinence hors du commun, faisant de lui un bijou français qu'il faut bien garder et protégé, qu'il faut promouvoir! Je voudrais très chaleureusement remercier le président du CNRS Alain Fuchs, l'institut de Chimie du CNRS et ses directeurs successifs (Jean-Claude BERNIER, Gilberte CHAMBEAU, Régis Réau, Dominique MASSIOT, Claude POUCHAN) pour leur soutien continu. Dans nos régions, ceci est complété de façon harmonieuse par des soutiens sur site et à cette occasion je voudrais remercier la région Midi-Pyrénées qui prête main-forte à la recherche et à l'innovation des chercheurs. Je voudrais exprimer mes chaleureux remerciements à la région Midi-Pyrénées et à son président Martin MALVY, pour avoir veillé à des actions locales complémentaires et fort importantes.

Dans mon parcours, j'ai eu la chance de rencontrer deux personnalités très connues avec des regards opposés en apparence, un Chimiste et un Physicien : Le Chimiste c'est Robert CORRIU, Académicien, très connu qui me dit "tout est thermodynamique" en pensant aux mécanismes réactionnels cinétiques de mise en place de nouvelles espèces... ; Le physicien c'est Pierre IMBERT, du CEA Saclay, un éminent physicien du solide, qui a introduit la spectrométrie Mössbauer en France, qui me dit "Quand on ne comprend rien on dit c'est thermodynamique" en faisant allusion à l'effort et au temps qu'il faut prendre pour comprendre les différents mécanismes microscopiques mis en jeu! un regard de physicien.

En fait, la réalité est la combinaison des deux visions, la réalité est Chimie-Physique à l'interface. Les Sciences aux interfaces disciplinaires jouent aujourd'hui un rôle capital et seront certainement des niches fructueuses pour les futures découvertes scientifiques majeures de notre époque.

Partant de là, mon activité de recherche se situe à l'interface de la chimie et de la physique du solide, au sein d'une équipe formée de chercheurs de spécialités très complémentaires : Chimie de synthèse, Physique du solide, théorie, nanotechnologie et nous nous focalisons sur le domaine de la transition de spin moléculaire avec comme démarche ambitieuse "de la molécule bistable au dispositif". Avec mon équipe, au Laboratoire de Chimie de Coordination du CNRS à Toulouse, nous élaborons de nouvelles molécules, des couches minces ou des nanoparticules de coordination bistables, nous les étudions pour comprendre les aspects fondamentaux des mécanismes de la bistabilité, c'est-à-dire la possibilité d'avoir deux états distincts adressables et les valorisons par leur intégration dans de nouvelles générations de dispositifs nanoélectroniques, nanophotoniques ou nanomécaniques. La transition de spin moléculaire est l'un des exemples les plus spectaculaires de bistabilité. En effet, un certain nombre de matériaux moléculaires synthétisés sont le siège d'une hystérésis (un effet mémoire)



à température ambiante, ouvrant la voie à des applications potentielles, notamment dans le domaine du stockage de l'information ou de la photonique. À cet égard, et pour la première fois, nous avons réussi à élaborer des couches minces nanométriques avec le maintien de la bistabilité à la température ambiante (ce qui nous a permis de mettre au point un prototype mémoire que nous avons breveté), offrant ainsi un véritable débouché vers les nanotechnologies et les dispositifs du futur.

Dans ce domaine, et c'est le cas aussi pour les autres disciplines, j'ai le sentiment, qu'à chaque fois qu'on ouvre une petite porte, c'est un univers entier qui se dresse devant nous, pour dire à quel point l'homme est petit devant la connaissance du monde en pleine évolution... J'ai le sentiment profond qu'à chaque fois que je me dis « ah finalement j'y suis » le lendemain je me rends compte que je ne suis qu'au début d'une histoire, ainsi la Science est grande, humbles nous devons être...!

Ceci me conduit à une pensée particulière pour François VARRET pour son soutien inconditionnel dès le début de mon histoire, Gérard FERREY dont les discussions sur le magnétisme d'il y a 26 ans restent gravées, Jacqueline ZAREMBOWITCH de m'avoir permis de sauter dans la barque "transition de spin et bistabilité moléculaire", c'est elle qui a introduit le sujet en France, Jamil NASSER pour la solide théorie sur la physique de la bistabilité qui continue à porter, le regretté Olivier KAHN, pour son enthousiasme contagieux et sa passion pour le magnétisme et la commutation moléculaire, Jean-Jacques BONNET qui a cru en moi et qui a mis en place autour de moi, un groupe de recherche au LCC à Toulouse, mon groupe de Recherche fortement pluridisciplinaire, Gabor MOLNAR, Lionel SALMON et William NICOLAZZI, Denis NEIBECKER et Noël LUGAN qui me prêtent mains efficaces pour la direction du LCC, mes nombreux et précieux collaborateurs (Ferial TERKI à Montpellier, pour les capteurs magnétiques, Galina MATOUZENKO, de l'ENS Lyon, Talal MALLAH, d'Orsay, Jorges LINARES de Versailles, ... la liste est bien longue...

Merci à vous.