

*L'alchimie du vide - interactions lumière-matière en chimie physique*

**Thomas W. Ebbesen, physico-chimiste, Professeur à l'université de Strasbourg,**

**est nommé titulaire de la chaire *Innovation technologique Liliane Bettencourt* 2017/2018**

- Leçon inaugurale le 2 mai 2018 à 18h -

Les interactions lumière-matière font partie des processus élémentaires de l'existence de la vie et de la matière. Elles interviennent dans la photosynthèse végétale, dans notre perception des couleurs ou dans de nombreuses technologies modernes (fibres optiques, sondes médicales...). La physique quantique et ses récents développements ont permis de mettre en évidence et d'observer de nouveaux phénomènes liés à ces interactions, notamment dans l'obscurité la plus totale.

Les travaux actuels de Thomas Ebbesen s'attachent à mieux comprendre ces phénomènes dits de « couplage fort lumière-matière » et d'en explorer les conséquences sur les propriétés des molécules et des matériaux.

Professeur de chimie physique à l'Université de Strasbourg, directeur de l'Institut d'études avancées de l'Université de Strasbourg et du Centre international pour la recherche aux frontières de la chimie, Thomas Ebbesen est reconnu pour ses travaux précurseurs dans le domaine des nanosciences et ses recherches à l'interface de la physique et de la chimie. Il a d'abord travaillé sur la photo-physique moléculaire avant de s'orienter vers les nanomatériaux de carbone (nanotubes de carbone, graphène,...), structures qui suscitent un très grand intérêt dans le monde de la recherche autant fondamentale qu'appliquée en raison de leurs propriétés exceptionnelles (conductivité électrique, conductivité thermique...).

**Une découverte fondamentale : la transmission optique extraordinaire**

Thomas Ebbesen est par ailleurs à l'origine d'une découverte majeure : en 1989, il découvre un nouveau phénomène optique appelé aujourd'hui « transmission optique extraordinaire » qui met en évidence des propriétés de la lumière jusqu'alors insoupçonnées (voir encadré). Ce phénomène, dont il mettra huit ans à percer le mystère, intrigue alors les spécialistes du monde entier et soulève des questions fondamentales importantes. Il permet aujourd'hui des applications dans de nombreux domaines, de la biologie à l'opto-électronique. Il a par exemple donné lieu à des applications industrielles comme l'amélioration de la qualité des lasers ou l'augmentation du rendement des fibres optiques. Les travaux de Thomas Ebbesen sur la transmission optique extraordinaire lui valent en 2014 le Prix Kavli en Nanoscience <sup>(1)</sup>.

Les travaux qu'il poursuit aujourd'hui sur les interactions lumière/matière et les fluctuations quantiques du vide ouvrent de nouvelles perspectives fondamentales mais aussi technologiques en permettant d'intervenir sur les propriétés de la matière (conductivité, vitesse d'une réaction chimique,...). Ils donnent naissance à une véritable « alchimie du vide ».

Thomas Ebbesen, 12<sup>ème</sup> titulaire de la chaire *Innovation technologique Liliane Bettencourt*, donnera sa leçon inaugurale, *L'alchimie du vide - interactions lumière-matière en chimie physique*, le 2 mai 2018 à 18h. Ses cours ont lieu les vendredis à 14h à partir du 4 mai. L'ensemble de son enseignement est d'accès libre sans inscription.

### Histoire d'une découverte

En 1989, Thomas Ebbesen travaille dans les laboratoires de recherche fondamentale de la société électronique japonaise NEC à Tsukuba et tombe sur un article du physicien Serge Haroche décrivant l'électro-dynamique quantique en cavité. Sa curiosité éveillée, il demande à un collègue de lui confectionner des nano-éprouvettes: une plaque de microscopie en verre couverte d'un film métallique percé d'un réseau de trous cylindriques de 300 nanomètres de diamètre chacun, espacés régulièrement.

A sa grande surprise, la lumière traverse le dispositif alors que les trous sont plus petits que la longueur d'onde de la lumière visible. Les ondes de cette dernière, dont la longueur varie de 400 à 700 nanomètres, devraient normalement se heurter aux trous de 300 nanomètres et rester bloquées derrière la plaque. Il multiplie les vérifications, mais la lumière s'obstine à traverser la plaque. Plus troublant encore : elle semble traverser une aire trois fois plus grande que celle occupée par les trous, comme si elle parvenait à franchir le métal !

Il faudra des années de recherche et d'expérimentation pour comprendre ce phénomène aujourd'hui connu sous le nom de **transmission extraordinaire optique** : le réseau de trous se comporte en réalité comme une antenne. En effet, sur la surface conductrice – la plaque de métal –, les électrons libres se rassemblent aléatoirement en groupes appelés plasmons. Ces plasmons se calent sur le rythme du réseau, c'est-à-dire l'espacement entre les trous. On dit qu'ils entrent en résonance avec lui. Tout se passe alors comme si ces plasmons formaient une loupe au-dessus de chaque trou : ils concentrent les photons qui tombent sur les trous et les réémettent, exaltant ainsi la transmission.

-----  
<sup>1</sup> Le **prix Kavli** est la plus haute récompense pour les nanosciences. Thomas Ebbesen a partagé ce prix avec Stefan W. Hell (Institut Max Planck, Allemagne) et Sir John B. Pendry (Imperial College, Londres). Les prix Kavli ont été créés en 2005, de façon conjointe par l'Académie norvégienne des sciences et des lettres, le ministère de l'éducation norvégien et la Fondation Kavli (américaine). Ils sont remis tous les 2 ans, dans trois domaines : le très grand (astrophysique), le très petit (nanoscience) et le très complexe (neuroscience),

## L'alchimie du vide - interactions lumière-matière en chimie physique

Par Thomas W. Ebbesen

Les interactions lumière-matière sont fondamentales pour l'existence de la vie et de la matière comme nous la connaissons. L'absorption de la lumière du soleil par les plantes est la source principale d'énergie de la biosphère. Les interactions lumière-matière jouent aussi un rôle central dans notre société moderne et dans nos cultures par exemple dans notre perception de notre environnement et dans divers outils modernes comme l'échange d'information par le web (fibres optiques, lasers), les sondes biomédicales miniaturisées, les imprimantes 3D par laser, etc.

Ainsi jeter un simple regard sur quelqu'un implique de multiples interactions lumière-matière successives : d'abord l'émission de lumière par le matériau de la lampe, l'interaction de la lumière avec la lentille de l'œil qui permet de la ralentir et ainsi la focaliser sur la rétine, suivit d'une absorption de la lumière par des molécules (rétinal) qui induit un changement dans leur structure, transformant ainsi un signal lumineux en une action mécanique qui à son tour génère un signal nerveux qui va se propager vers le cerveau...

Ce qui peut paraître plus surprenant est que les interactions entre la lumière et la matière interviennent aussi dans les forces en jeu dans un liquide ou un tissu biologique. Et cela même dans l'obscurité la plus totale... Dans ce dernier cas on ne peut pas vraiment comprendre ces types d'interactions sans mieux comprendre le rôle du vide. Le vide a été un sujet de réflexions et discussions depuis au moins l'Antiquité. Avec l'avènement de la physique quantique, on sait que le vide n'est pas le néant. Sans rentrer dans les détails, on a réalisé que le vide est plein d'énergie et de particules virtuelles, c'est à dire qui disparaissent aussitôt formées, ne laissant comme trace qu'une ombre de leur existence en perturbant les propriétés de la matière. Par exemple ce sont les fluctuations électromagnétiques du vide qui affectent la cohésion d'une gouttelette.

Depuis les années 70, on utilise des cavités optiques (une structure qui résonne pour une longueur d'onde lumineuse donnée, typiquement composée de deux miroirs parallèles) pour contrôler l'interaction entre la matière et les fluctuations électromagnétiques du vide, permettant par exemple d'exalter ou d'inhiber l'émission de lumière par des atomes et d'observer d'autres effets fondamentaux. Depuis une dizaine d'année, on arrive même à modifier la réactivité chimique en solution et améliorer la conductivité électrique de solides en faisant interagir fortement une molécule ou un matériau avec les fluctuations du vide. Cette « alchimie » du vide ouvre de nouvelles perspectives fondamentales et technologiques car on exploite une des propriétés les plus fondamentales de l'univers qui détermine en retour le comportement de la matière.

**Thomas EBBESEN**

Pour consulter l'ensemble du cycle d'enseignement de Thomas Ebbesen :  
[https://www.college-de-france.fr/site/thomas-ebbesen/\\_course.htm](https://www.college-de-france.fr/site/thomas-ebbesen/_course.htm)

### Biographie de Thomas W. Ebbesen



Thomas W. Ebbesen est né à Oslo (Norvège) en 1954. Professeur de chimie physique à l'Université de Strasbourg, il dirige l'Institut d'études avancées de l'Université de Strasbourg et le Centre international pour la recherche aux frontières de la chimie.

Diplômé de l'université d'Oberlin (Oberlin College, États-Unis) et de l'université Pierre-et-Marie-Curie, Thomas Ebbesen travaille d'abord au Notre Dame Radiation Laboratory (États-Unis) où il continue ses travaux de photophysico-chimie démarrés durant sa thèse.

En 1988, il rejoint le laboratoire de NEC au Japon, où ses recherches évoluent vers l'étude des nanomatériaux de carbone tels que le C<sub>60</sub>, le graphène et les nanotubes. Il découvre une méthode de synthèse de nanotube de carbone en grande quantité et étudie entre autres leurs propriétés mécaniques et leurs propriétés de mouillage. Pour ses travaux précurseurs sur les nanotubes de carbone, il partage le Prix Europhysics Agilent en 2001 avec S. Iijima, C. Dekker et P. McEuen.

C'est également chez NEC en 1989 que Thomas Ebbesen découvre un nouveau phénomène optique : la transmission extraordinaire de la lumière dans des trous de dimensions inférieures à la longueur d'onde où les plasmons de surface jouent un rôle clé dans l'exaltation de la transmission ; découverte pour laquelle il reçoit plusieurs distinctions dont le Prix France Télécom 2005 de l'Académie des sciences, le Prix de l'Électronique et optique quantique en 2009 de la Société européenne de physique et le Prix Kavli en Nanoscience en 2014 qu'il partage avec Stefan W. Hell et Sir John Pendry pour leurs travaux pionniers en nano-optique.

En 1999, il rejoint l'Institut de Science et d'Ingénierie supramoléculaires (Université de Strasbourg/CNRS) à l'Université de Strasbourg qu'il dirige de 2005 à 2012.

Depuis une décennie, Thomas Ebbesen s'intéresse particulièrement au phénomène de couplage fort lumière-matière et explore les conséquences sur les changements que cela induit dans les propriétés des molécules et des matériaux.

#### Principales distinctions :

- Agilent Europhysics Prize, European Physics Society, 2001 - Randers Research Prize, 2001
- Membre de l'Académie des sciences et des lettres de Norvège, 2003
- Prix France Télécom, Académie des sciences, 2005 - Membre de l'Institut Universitaire de France, 2005
- Quantum Electronics and Optics Prize, European Physics Society, 2009 - Tomassoni Prize, Rome, 2009
- Schola Physica Romana, Université de Sapienza, Rome, 2009
- Dr. Scient. H. C., University of Southern Denmark, 2009
- Membre associé étranger de l'Académie des sciences, 2009
- Membre étranger de l'Académie royale flamande de Belgique pour les sciences et les arts, 2011
- Kavli Prize in Nanoscience, 2014
- Prix Spécial de la Société française de physique, 2014
- Quinquennial Anniversary Award, European Material Research Society, 2018

## *La chaire Innovation technologique Liliane Bettencourt*

### *L'innovation technologique, vecteur de croissance et de progrès*

La Chaire *Innovation technologique Liliane Bettencourt*, créée en 2006, marque une volonté commune entre la Fondation Bettencourt Schueller et le Collège de France d'établir un lien entre les communautés scientifiques et industrielles et le grand public.

Le titulaire de la chaire *Innovation technologique Liliane Bettencourt* est désigné par l'Assemblée des professeurs et renouvelé chaque année afin de favoriser un enseignement à la pointe de la recherche dans des secteurs hautement innovants tels que les nanotechnologies, l'informatique, les réseaux de communication, le transfert et le cryptage de données, les sciences du vivant ...

**L'Assemblée des professeurs du Collège de France** s'est engagée sans réserve dans ce partenariat qui permet à l'institution d'accroître son potentiel de recherche et d'enseignement sans s'écarter de l'une des grandes règles qui la régissent depuis 1530 : l'idée d'une recherche libre.

**La Fondation Bettencourt Schueller** poursuit quant à elle, un de ses objectifs prioritaires : soutenir et favoriser le développement de la recherche scientifique à son plus haut niveau. Elle souhaite encourager la recherche et son enseignement dans des domaines aux confins de la recherche fondamentale et de ses applications pratiques qui construiront les nouvelles technologies de demain.

#### **Les titulaires de la chaire depuis sa création sont :**

- 2006/2007 : Jean-Paul Clozel, cardiologue, spécialiste des Biotechnologies.
- 2007/2008 : Gérard Berry, chercheur en informatique.
- 2008/2009 : Mathias Fink, physicien spécialiste de la propagation des ondes et de l'imagerie.
- 2009/2010 : Patrick Cuvreur, figure emblématique des nanotechnologies.
- 2010/2011 : Elias Zerhouni, médecin, ancien directeur des National Institutes of Health.
- 2011/2012 : Jean-Paul Laumond, spécialiste de la robotique humanoïde.
- 2012/2013 : Yves Brechet, Haut Commissaire à L'Énergie atomique, spécialiste de la science des matériaux.
- 2013/2014 : Philippe Walter, physico-chimiste spécialisé dans l'analyse des œuvres d'art.
- 2014/2015 : Bernard Meunier, spécialiste de l'innovation thérapeutique.
- 2015/2016 : José-Alain Sahel, médecin ophtalmologiste, directeur de l'Institut de la Vision à Paris.
- 2016/2017 : Didier Roux, directeur de la R&D et de l'Innovation de Saint-Gobain

<https://www.college-de-france.fr/site/chaieres-annuelles-historique/index.htm>

## La Fondation Bettencourt Schueller

« Donnons des ailes aux talents »

La Fondation Bettencourt Schueller s'applique à incarner la volonté d'une famille, animée par l'esprit d'entreprendre et la conscience de son rôle social, de révéler les talents et de les aider à aller plus loin.

Elle consacre son temps et son énergie à choisir, accompagner et valoriser des personnes qui imaginent aujourd'hui le monde de demain, dans trois domaines qui contribuent concrètement au bien commun : les sciences de la vie, les arts et la solidarité.

Fidèle à son esprit philanthropique, elle décerne des prix et soutient des projets par des dons et un accompagnement très personnalisé.

Depuis sa création à la fin des années 1980, elle a soutenu environ 520 lauréats et 1 600 projets portés par diverses équipes, associations, établissements, organisations.

Plus d'informations sur [www.fondationbs.org](http://www.fondationbs.org)

Contact presse Fondation Bettencourt Schueller :

*Elise Roux : 01 41 92 94 87 – [er@fondationbs.org](mailto:er@fondationbs.org)*

*[www.fondationbs.org](http://www.fondationbs.org)*