Fondation de la Maison de la Chimie

# Chimie et Technologies de l'information

Mercredi 6 novembre 2013

## RECUEIL DES RESUMES

Maison de la Chimie
28bis rue Saint Dominique 75007 PARIS

FRANCE CHIMIE
FÉDÉRATION FRANÇAISE
pour les sciences de la Chimie

Fondation de la Maison de la Chimie

FÉDÉRATION FRANÇAISE pour les sciences de la Chimie

# Colloque
# « CHIMIE ET TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION »

**Mercredi 06 novembre 2013 - Maison de la Chimie, Paris.**

## RESUMES DE LA TABLE RONDE ET DES CONFERENCES.


*Pages*

**Table Ronde** : *Smartphones et tablettes : un condensé de chimie.*

***Débats animés par :*** OLIVIER Danièle
***Avec la participation de :***

FLORES Jean-Charles :
*Les multiples contributions de la chimie dans la conception des tablettes et des Smartphones.* *P.1*

CAYREFOURCQ Ian :
*Les polymères se réveillent pour l'électronique !* *P.2*

THULLIEZ Vincent :
*Les matériaux avancés, moteurs de l'innovation en électronique.* *P.2*

DEMOTES MAINARD Bertrand :
*De la chimie au radar du Rafale..* *P.3*

LEVY Didier :
*Les nouveaux matériaux, moteurs de l'amélioration de la performance en micro-électronique silicium.* *P.4*

**Conférences :**
(par ordre alphabétique des auteurs)

FEVRIER Sébastien :
*Les fibres optiques : internet dans un grain de sable..* *P.5*

CHARTIER Isabelle :
*L'Électronique organique imprimée : Une nouvelle branche de l'électronique vers une électronique flexible grande surface.* *P.6*

HIRSCH Lionel :
*La combustion et les défis de la propulsion aéronautique et spatiale.* *P.7*

LE TIEC Yannick :
*La chimie au cœur des (nano) transistors.* *P.8*

LECUYER Anatole :
*Commander "par la pensée" avec les interfaces cerveau-ordinateur ?* *P.9*

PRESMANES Lionel :
*Micro-capteurs à semi-conducteurs pour la détection du CO2.* *P.10*

SIMON Patrice :
*Systèmes de stockage de l'énergie miniatures : matériaux et applications.* *P.11*

SPITZ Erich et LALOË Franck :
*La faible longévité des supports d'information numérique : un défi technologique.* *P.12*

VALACHE Michel :
*Faire du déchet une ressource, un enjeu pour l'industrialisation des filières et des territoires en France.* *P.13*

# Table ronde animée par Danièle OLIVIER

## Smartphones et tablettes : un condensé de chimie

---

## Les multiples contributions de la chimie dans la conception des tablettes et des Smartphones.

Jean-Charles FLORES

*BASF*

Plus qu'une tendance, être à la pointe de la technologie est devenu un véritable art de vivre permettant de répondre à de nouveaux besoins. Débordant d'inventivité, les nouvelles technologies et en particulier les Smartphones, ordinateurs et tablettes tactiles ne cessent d'évoluer depuis plusieurs années : elles contribuent grandement aux nouveaux modes de communication et permettent un accès tout autre à l'information.

Dans cette course à l'innovation et la performance, les géants de l'électronique doivent s'entourer de partenaires clés. À première vue, il est étonnant de penser à la chimie. Pourtant, nous aurions tort de la mettre de côté.
En effet, la chimie offre non seulement des procédés indispensables au bon fonctionnement des appareils électroniques mais également des matériaux à haute valeur ajoutée dont les propriétés peuvent conduire à de nouvelles fonctionnalités.

C'est ainsi que BASF, leader de l'industrie chimique, propose des solutions innovantes pour l'électronique. De la conception du processeur à la fabrication des écrans LCD en passant par la génération du courant électrique nécessaire à la mise en marche de l'appareil, la chimie est un acteur majeur de la révolution numérique.

Au cours de la présentation, nous montrerons comment des produits chimiques synthétisés par BASF interviennent dans l'élaboration des appareils électroniques en présentant une palette de solutions innovantes appliquées notamment aux Smartphones et aux tablettes.

## Les polymères se réveillent pour l'électronique !

Ian CAYREFOURCQ

*Arkema*

Dans notre habitat, nos véhicules, nos vêtements, nos objets quotidiens, les polymères assurent une multitude d'applications telles que l'emballage, l'isolation, la décoration... Au fil des années, ils sont devenus des compagnons omniprésents et pourtant invisibles de nos journées, assurant ces fonctions que nous pourrions qualifier de passives. Pourtant, leur potentiel va bien au-delà et les chimistes s'évertuent à les "réveiller" en amplifiant ou associant les propriétés étonnantes de certains d'entres eux.
Dans cet exposé, afin d'illustrer cette tendance, nous vous présenterons deux exemples de matériaux qui envahiront plus ou moins discrètement vos téléphones portables et autres tablettes dans les années à venir. Tout d'abord, nous vous présenterons des matériaux "intelligents" qui ont la faculté de s'auto-organiser à des échelles manométriques. Ceux-ci, intégrés dans les procédés de fabrication des microprocesseurs, mémoires et autres puces micro-électronique, vont permettre à l'industrie des semi-conducteurs de dépasser les limites de résolutions qui aujourd'hui limitent l'amélioration des performances de nos objets nomades. Ensuite, nous vous présenterons un polymère "qui à la bougeotte", doté de propriétés mécaniques exceptionnelles, il sera très bientôt utilisé sur nombre de nos objets communiquant afin de compléter l'interface homme-machine par des fonctions haptiques afin d'améliorer notre expérience d'utilisateur.

## Les matériaux avancés, moteurs de l'innovation en électronique.

Vincent THULLIEZ

*Solvay – Research and Innovation*

Les matériaux développés par Solvay sont au coeur des tablettes et smartphones d'aujourd'hui et de demain.
Nous commencerons par décortiquer une tablette pour montrer les différentes fonctions faisant appel à nos produits, en expliquant les principales propriétés recherchées au niveau du châssis, de l'écran, des circuits, de la batterie...
Ensuite, nous détaillerons les évolutions prévues, en nous focalisant sur les promesses et les challenges de l'électronique imprimée: réalisation de produits fins et flexibles à bas coût, permettant d'élargir les champs d'application de l'électronique, en faisant toujours plus appel à la chimie.

# De la chimie au radar du Rafale.

Bertrand DEMOTES MAINARD

*THALES*

Au cœur des émetteurs-récepteurs de radiofréquence, dans les radars et les satellites aussi bien que dans les téléphones portables et les tablettes, les fonctions électroniques analogiques déterminent la performance de l'ensemble.

Pour cette quête des meilleures performances a démarré il y a 30 ans l'aventure des semi-conducteurs dits « III-V », du nom des colonnes III et V de la table de Mendeleïev.

C'est en effet par des procédés de chimie fine et extrêmement délicate que sont créées les lingots puis les couches actives qui servent de base à cette électronique de pointe.

Cette aventure continue, puisque les composés III-V sont au cœur du DVD, des communications optiques et seront demain indispensables à l'efficacité énergétique de nos appareils et à certaines installations photovoltaïques.

Pour cela plusieurs défis sont à relever par le travail conjoint entre les physiciens et les chimistes, notamment le recyclage des métaux rares et la toxicologie des composés III-V.

# Les nouveaux matériaux, moteurs de l'amélioration de la performance en micro-électronique silicium.

Didier LEVY

*STMICROELECTRONICS*

Les téléphones portables et autres tablettes, ont pris récemment le relais du PC en tant que champions de la performance des composants électroniques : toujours plus de fonctions sans augmentation de consommation, tout en réduisant les coûts par fonction. Après avoir rappelé les principales données techniques et économiques du marché du semi-conducteur mondial, l'exposé se focalisera sur les avancées des matériaux qui ont permis cette formidable croissance basée sur une technologie générique, le CMOS. Après une période de 40 ans (1960 – 2000) au cours de laquelle la miniaturisation du transistor s'est opérée autour des trois matériaux de base que sont Si (semi-conducteur), SiO2 (isolant) et Al (conducteur), le marché a assisté depuis les années 1990 à une explosion de nouveaux matériaux isolants et conducteurs qui permettent de poursuivre la course aux dimensions (loi de Moore). Ces nouveaux matériaux, qui font l'objet de recherches depuis plus de 20ans, ont été intégrés dans les filières technologiques récentes dont les tailles minimales des transistors vont de 90nm à 14nm, génération devant sortir en 2014/15. Ils mettent en jeu de multiples spécialités de la chimie : la chimie organique pour les nouvelles générations de résines photosensibles, la physico-chimie des matériaux pour les dépôts ou la croissance de nouvelles générations de couches diélectriques et métalliques, la chimie minérale pour les gravures sèches assistées par plasma et les préparations de surface. La caractérisation et la localisation des espèces chimiques par des techniques de pointe de plus en plus sophistiquées, est un domaine en soi, dont certains résultats récents sont remarquables. Des chimistes sont également des acteurs clés dans la recherche et la mise en application industrielle de nouvelles méthodes de contrôle de l'environnement, bien mieux respecté en Europe que sur les autres continents. De nombreux exemples de l'exposé seront issus de l'expérience de STMicroelectronics sur son site de Crolles, près de Grenoble. Ce site, regroupant recherche et production, ayant nécessité plus de 4 milliards de dollars d'investissement et sur lequel travaillent 5000 personnes dont 4000 emplois directs (2/3 de cadres, 50 thésards / an), bénéficie d'un écosystème tout à fait exceptionnel, fruit de collaborations multiples : l'Alliance IBM dans l'Etat de New York, les laboratoires universitaires nationaux et le CEA-Léti de Grenoble.

# Les fibres optiques : internet dans un grain de sable.

Sébastien FEVRIER

*XLIM : Université de Limoges*

Chaque année nous échangeons sur internet l'équivalent de 250 milliards de DVD. Ces informations sont envoyées depuis nos téléphones portables, nos ordinateurs, nos tablettes et reçues sur les mêmes objets communicants. À part quelques antennes disséminées çà et là, que savons-nous du réseau qui permet d'acheminer ce volume considérable de données ? Dans son immense majorité, ce réseau est souterrain voire sous-marin. Il est essentiellement constitué de fibres optiques.

Une fibre optique est un très fin fil de verre, à peine plus épais qu'un cheveu, mais long de plusieurs dizaines de kilomètres. Ces fils sont assemblés entre eux pour constituer un réseau d'une infinie complexité qui recouvre maintenant tout le globe terrestre. Ces fils de verre conduisent la lumière, tout comme un fil électrique conduit l'électricité. Bien avant l'avènement d'internet, Sir Charles Kao, prix Nobel de physique 2009, avait imaginé que cette technologie pourrait supplanter les câbles électriques et permettre de véhiculer des volumes considérables d'information à des vitesses inimaginables, d'un pôle à l'autre du globe. Selon Sir Kao, pour supplanter les câbles électriques, une fibre optique devait contenir une fraction infime d'impuretés, moins d'une par milliard de molécules de verre.

Une fibre optique est formée à partir d'un bloc de verre ramolli et étiré. Fondre des grains de sable donne un verre. Mais cette technique de vitrification, connue dès l'Antiquité, ne permet pas de fabriquer une fibre optique de télécommunications. On n'imagine pas voir au travers d'une vitre d'un kilomètre d'épaisseur ! L'apport de la chimie moderne a été, ici, déterminant. Les chercheurs ont réussi à raffiner les verres en les synthétisant par voie chimique. Aujourd'hui, la lumière est guidée sans atténuation notable sur plusieurs kilomètres. L'installation de centaines de millions de kilomètres de fibres a permis l'avènement de l'internet moderne et a révolutionné nos vies.

La fibre optique est une technologie diffusante au sens où elle a récemment quitté son domaine de prédilection, les télécommunications, pour s'immiscer, avec l'aide des chercheurs et ingénieurs du monde entier, dans des domaines très variés. En changeant subtilement la composition chimique du verre on peut transformer la fibre optique en laser chirurgical ou militaire ; on tisse aujourd'hui des vêtements luminescents ; on surveille les constructions, l'environnement, le corps humain...

Après une brève introduction aux bases théoriques de l'optique guidée, cette conférence mettra en lumière la vitalité scientifique de ce secteur ainsi que ses retombées économiques et sociétales qui n'ont de cesse de se diversifier.

# L'Electronique organique imprimée : une nouvelle branche de l'électronique vers une électronique flexible grande surface.

Isabelle CHARTIER

*CEA LITEN – PICTIC*

Les technologies d'impression de matériaux organiques conducteurs, semi-conducteurs et isolantes, permettent de réaliser des fonctions électroniques de grandes dimensions sur des substrats variés : plastique, papier, verre etc.
Les différenciateurs de cette nouvelle électronique par rapport à l'électronique conventionnelle basée sur le Silicium, sont la grande surface accessible ($dm^2$ - $m^2$ et au delà), la conformabilité des substrats et la flexibilité de conception des composants (customisation).
Différents types de capteurs peuvent ainsi être imprimés sur des feuillets plastiques pour réaliser de grandes surfaces sensibles à différents paramètres physico-chimique : lumière, pression, température, humidité, gaz ....Ces capteurs combinés à des circuits transistors organiques aussi imprimés, aboutissent à la réalisation de matrices de capteurs de grandes dimension et flexibles.
La conformabilité des substrats utilisés permet d'intégrer intimement ces fonctions de mesure en surface de produits finaux comme des pièces plastiques moulées, des emballages cartons, des textiles ...
Le CEA LITEN développe l'ensemble des briques de base pour réaliser ces surfaces sensibles flexibles par voie d'impression sur sa plateforme technologique PICTIC inaugurée en 2012 dédiée à l'électronique organique imprimée.
Les applications développées inaccessibles par les solutions micro-électroniques classiques concernent notamment les mesures sur la personne, l'habitat, le transport, l'environnement et les textiles instrumentés, les interfaces homme-machine.

# Les diodes électroluminescentes organiques : Des sources "plates" de lumières.

Lionel HIRSCH

*Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système (IMS)*
*Université Bordeaux 1 - ENSCBP*

La recherche sur l'électroluminescence de matériaux organiques date des années 1960 avec les travaux de Pope *et al*[1] portant sur des couches épaisses (de 10 □m à 10 mm) de cristaux de molécules aromatiques conjuguées (anthracène) émettant de la lumière sous très forte tension (100 V). Néanmoins, le début de l'histoire des diodes électroluminescentes organiques (OLEDs pour *Organic Light Emitting Diodes*) a commencé en 1987 suite à la publication de Tang et VanSlyke[2] (*Eastman Kodak*) décrivant une structure constituée d'une jonction entre une fine couche évaporée de triarylamine et une couche d'égale épaisseur de tris(8-hydroxyquinoline)aluminium ($Alq_3$). Ces matériaux sont ce qu'on appelle communément des "petites molécules" en opposition aux polymères de plus fortes masses molaires. Le triarylamine est un transporteur de trous alors que l'$Alq_3$ est une molécule fluorescente verte transporteuse d'électrons. Ces couches minces de molécules conjuguées ont été déposées par évaporation thermique sous vide. L'idée d'utiliser cette nouvelle technologie pour fabriquer une nouvelle génération d'écrans plats a été envisagée pour concurrencer les écrans à cristaux liquides (LCDs pour *Liquid Crystal Displays*) dans les applications mobiles notamment.

En 1990, l'électroluminescence du poly(*para*-phenylene vinylene) (PPV) a été démontrée par Burroughes, Bradley et Friend[3] de l'Université de Cambridge. Dans ce cas, il s'agit de diodes électroluminescentes polymères que l'on appelle PLEDs pour *Polymer Light Emitting Diodes*, mais qui entrent dans la grande famille des OLEDs. Ces polymères conjugués ont été déposés en couches minces par voie liquide (procédés d'impressions). La facilité de préparation des diodes organiques venait d'être démontrée et les résultats, tant en termes de luminosité que de rendement, étaient suffisants pour provoquer un fort intérêt. De là vient aussi la scission en deux groupes de recherche sur l'électroluminescence organique : le premier dédié à l'étude de petites molécules (simples ou complexées avec des métaux) déposées sous vide et le second dédié à l'étude de polymères conjugués déposés par voie humide. Plus de 20 ans après les premiers articles, la recherche est encore nettement organisée selon ces lignes.

De nos jours, cette technologie est suffisamment mature pour pénétrer aussi bien des marchés de niches (afficheurs, luminaires) que des marchés de masses (écrans d'objets nomades).

Au cours de cette présentation, nous regarderons les principes de l'électroluminescence organique, l'évolution des matériaux et de l'architecture des dispositifs qui ont permis l'amélioration des rendements. Nous présenterons également des exemples d'utilisation des OLEDs ainsi que les atouts de cette technologie.

[1] M. Pope, H. Kallmann, and P. Magnante, *Journal of Chemical Physics* 38 (1963) 2042.
[2] C.W. Tang and S.A. Vanslyke, *Applied Physics Letters* 51 (1987) 913.
[3] J.H. Burroughes, D.D.C. Bradley, A.R. Brown, R.N. Marks, K. Mackay, R.H. Friend, P.L. Burn, and A.B. Holmes, *Nature* 347 (1990) 539.

# La chimie au cœur des (nano) transistors.

Yannick Le TIEC

*CEA-Leti*

La microélectronique est un monde complexe dans lequel plusieurs sciences contribuent pour créer des nano-objets fonctionnels : parmi elles la physique, l'optique, la mécanique, la microélectronique désormais à l'interface avec l'électrochimie, la biochimie, la biologie et la médecine. La chimie en elle-même est impliquée dans de nombreux domaines tels que la synthèse des matériaux par différents procédés physico-chimiques, le traitement et le contrôle de pureté des matériaux de base (substrats, liquides, gaz), les préparations de surfaces et la gravure sélective de couches spécifiques au travers de résines photosensibles. Plusieurs résultats récents de recherches seront développés, à commencer par l'ingénierie des substrats, du Si au « Si sur isolant » (SOI). En suivant l'ordre des procédés de fabrication, seront successivement évoqués l'élaboration de la grille qui constitue le cœur du transistor, les différentes configurations de films minces de diélectriques associés à des métaux et combinés à des niveaux de dopage et des traitements thermiques adaptés. Les procédés de métallurgie des contacts ainsi que les procédés d'interconnexion de ces milliards de transistors seront ensuite passés en revue : définition des couches isolantes poreuses ou semi-poreuses, des matériaux barrières de diffusion, des lignes métalliques. Aujourd'hui, un composant de dernière génération compte près de 30 milliards de transistors reliés via 13 niveaux d'interconnexion, la longueur de grille minimale d'un transistor se situant entre 10 et 20nm.
Finalement, pour compléter cette description de la microélectronique et sa convergence avec le domaine de la santé, seront présentées quelques fonctionnalisations de surfaces spécifiques qui permettent d'envisager de nouvelles applications, telles que les capteurs biologiques. Les différents métiers, que ce soit en support de la recherche et développement, ou au niveau de la production, seront évoqués afin que les scientifiques puissent bien comprendre les besoins et les attentes de l'industrie des semi-conducteurs.

NB. : Un livre technique récent, intitulé « Chimie en microélectronique », coécrit par 21 experts internationaux du domaine, sert de support à l'exposé.
(ISBN 978-2-7462-3918-0, Juillet 2013 aux éditions Lavoisier).

# Commander "par la pensée" avec les interfaces cerveau-ordinateur ?

Anatole LECUYER

*Inria - Centre de Recherche Inria-Rennes/IRISA*

Les interfaces cerveau-ordinateur permettent d'envoyer des messages ou des commandes directement à partir de son activité cérébrale. Au moyen d'électrodes positionnées sur le crâne, il suffit par exemple d'imaginer un mouvement de la main droite ou de la main gauche pour pouvoir piloter un curseur de souris vers la droite ou vers la gauche. Au cours de cette intervention nous présenterons les possibilités actuelles de ces technologies. Nous présenterons notamment les résultats obtenus dans le cadre des projets OpenViBE (http://openvibe.inria.fr) et OpenViBE2, qui ont débouché sur de nombreuses avancées scientifiques, et sur un logiciel libre et gratuit qui facilite la recherche et le développement des interfaces cerveau-ordinateur pour des applications médicales ou pour les jeux vidéo.

# Micro-capteurs à semi-conducteurs pour la détection du $CO_2$.

Lionel PRESMANES

*CIRIMAT*

La mesure du taux de dioxyde de carbone (CO2) est un besoin relativement récent. Les êtres humains passent 90 % de leur temps à l'intérieur et les études montrent que la qualité de l'air intérieur a un impact direct sur leur bien-être et leur productivité. Une bonne ventilation est donc indispensable pour éviter la hausse du taux de CO2 qui provoque la somnolence et diminue la productivité, elle est toutefois source de déperditions d'énergie. Les études font état d'économies d'énergie allant de 20 à 50 % dans les bâtiments publics en utilisant la ventilation contrôlée à la demande. Afin de réaliser une telle régulation, le niveau de dioxyde de carbone peut être utilisé comme indicateur de la présence humaine à l'intérieur : un niveau de CO2 élevé trahit une ventilation médiocre et est souvent l'indication d'autres odeurs déplaisantes dans l'air. En contrôlant la ventilation en fonction du niveau de CO2 et non du nombre de personnes occupant les lieux, il est possible de maintenir la fraîcheur de l'air intérieur sans une ventilation excessive et sans gaspiller l'énergie.
Actuellement, la mesure et le contrôle du taux de dioxyde de carbone peuvent être mis en œuvre à l'aide de deux solutions différentes : les capteurs électrochimiques et les capteurs à infrarouge. En revanche, aucun capteur à semi-conducteur n'est actuellement sur le marché alors que cette technologie a un fort potentiel pour produire des capteurs miniatures à bas coût. La raison principale est le manque de matériaux semi-conducteur pouvant modifier leurs propriétés électriques en présence du gaz CO2 qui est relativement neutre. Nous présentons donc un matériau en couche mince que nous avons développé, et qui possède la capacité de changer ses propriétés électriques sous l'effet d'un changement de la concentration en dioxyde de carbone. Celui-ci peut donc être utilisé pour constituer la couche sensible d'un capteur de CO2.

# Systèmes de stockage de l'énergie miniatures : Matériaux et applications.

Patrice SIMON

*Université Paul Sabatier - CIRIMAT*

Durant ces dix dernières années s'est développé de façon exponentielle un besoin en systèmes de plus en plus autonomes comme les téléphones, micro-ordinateurs, outils, tablettes tactiles... Les systèmes de stockage électrochimiques de l'énergie embarqués en sont des maillons essentiels, tant au niveau de l'autonomie que de la gestion intelligente de l'énergie qui prend en compte les modes de consommation et de production d'énergie.

Cet exposé présentera les systèmes de stockage électrochimique de l'énergie que sont les batteries et les supercondensateurs dans des formats miniatures pour des applications nomades. La première partie sera consacrée à une revue synthétique de quelques exemples d'applications, avant de rentrer dans le détail des matériaux et des architectures utilisées. Des exemples de travaux de recherche actuellement développés dans les laboratoires de recherches pour améliorer les performances de ces systèmes seront présentés dans la dernière partie de la conférence.

# La faible longévité des supports d'information numérique : un défi technologique.

Erich SPITZ[a]
Franck LALOE[b]

[a]*Membre de l'Académie des Technologies*
[b]*Laboratoire Kastler Brossel (ENS), président du GIS-SPADON*

L'Humanité produit annuellement une quantité gigantesque de données numériques, souvent directement, mais parfois aussi par numérisation de documents analogiques. Si la plupart de ces données n'ont qu'un intérêt transitoire, une partie doit être conservée à long et même très long terme : résultats scientifiques d'expériences qui ne seront pas répétées (CERN, astrophysique, fouilles archéologiques, etc.), œuvres artistiques, données administratives et médicales, et mêmes données personnelles sous forme de précieux souvenirs familiaux. Certaines données ont même un intérêt qui croît au cours du temps, comme celle des satellites SPOT d'observation de la Terre qui permettent de suivre l'évolution du climat.

Or, s'il existe des supports d'information analogique qui peuvent traverser les siècles (sinon l'archéologie n'existerait pas !), ce n'est pas le cas pour les supports d'information numérique actuellement utilisés à grande échelle (bandes et disques magnétiques, disques optiques enregistrables, mémoires flash, etc.). Du fait de leur vieillissement spontané sous l'influence de divers processus physico-chimiques, leur durée de vie n'excède pas 5 à 10 ans. La seule méthode qui permette de conserver l'information à long terme est une « migration » constante (tous les 5 ans environ) des informations d'un support ancien vers un support neuf. Cette méthode fonctionne mais ses coûts à long terme sont élevés du fait des personnels techniques nécessaire à leur mise en œuvre, des locaux et environnements techniques, et de la consommation électrique. On sait que la consommation énergétique des grands centres de données est en train de devenir un véritable problème financier et environnemental à l'échelon mondial.

Le besoin d'un support d'information numérique qui conserve l'information numérique pendant quelques siècles (comme le papier pour l'écrit) est donc pressant. L'industrie, entièrement tournée vers d'autres objectifs (augmentation des capacités et des bandes passantes), ne semble pas encore avoir pris le problème en main. La seule possibilité commerciale actuellement disponible vient de l'optique : une petite entreprise allemande propose des DVD dont les données sont directement gravées dans le verre, et donc extrêmement robustes. Des tests au Laboratoire National d'Essais ont montré que leur résistance en vieillissement artificiel était au moins cent fois meilleure que celle des DVD et BD classiques. Hélas le marché du numérique est actuellement très peu orienté vers la recherche de la longévité, en particulier à cause du développement du « calcul dans les nuages ». C'est donc un véritable défi pour la société que de faire réaliser les recherches conduisant à des produits nouveaux alliant capacité élevée et très grande longévité.

***Référence :*** *Rapport « Longévité de l'information numérique », Académie des Sciences et Académie des Technologies, EDP Sciences.*

# Faire du déchet une ressource, un enjeu pour l'industrialisation des filières et des territoires en France.

Michel VALACHE

Président de 2 ACR, Dgd de VEOLIA Propreté France

Aujourd'hui, il semble naturel d'obtenir les informations que nous voulons, où nous voulons et quand nous voulons… Les microordinateurs, les tablettes, les Smartphones sont pour nous des objets du quotidien, devenus indispensables, voire des extensions de nous-mêmes. Le premier réflexe, quand nous nous déplaçons est de vérifier que nous avons bien pris notre portable !
Les technologies de l'information sont en constante évolution, voire révolutions et la chimie est un partenaire incontournable de cette course à toujours plus, plus vite, plus sécurisé… Toutes ses inventions sont effectivement extraordinaires, mais ne doivent pas faire oublier le monde fini dans lequel nous vivons !
La multiplication exponentielle des échanges d'information, comme des besoins de stockages de ces informations, a un coût, visible dans les prix des matériels électroniques, mais aussi des coûts cachés comme l'arrivée de nouveaux déchets, l'épuisement des matières premières, le transfert de l'industrie vers des pays industriels à bas coûts, permettant cette production de masse d'électronique…

Les industriels des services à l'environnement (collecte des déchets, recyclage…) se sont bien sûr organisés depuis 20 ans, pour gérer ces nouveaux déchets et les politiques à tous les niveaux (européen, national, collectivités…) pour maîtriser la pollution liée à cette nouvelle consommation.
Mais nous prenons tous conscience que les mesures mises en place ne répondent pas aux défis de l'épuisement des ressources naturelles, que les produits électroniques achetés viennent généralement d'Asie et n'ont pas été créés, grâce à des emplois en France…

Une autre évolution/ révolution doit donc se mettre en marche : Elle sera aussi bien comportementale (responsabilité du tri du consommateur), sociétale (considérer les déchets comme une richesse possible) qu'économique et politique.
Si nous n'avons pas toutes ressources naturelles en France, nous avons plus de 100 millions de tonnes de déchets. Créer à partir de ces déchets de nouvelles industries sur nos territoires, les industriels des services à l'environnement le font déjà depuis plusieurs années, mais ces initiatives, généralement individuelles, ne répondent pas à l'ampleur des enjeux.

Aujourd'hui, il nous faut nous organiser collectivement (industriels de tous bords entre eux : chimistes, recycleurs, metteurs sur le marché…), avec les Pouvoirs Publics comme chef d'orchestre et les citoyens comme acteurs responsables, pour capitaliser sur la capacité d'innovation française pour imaginer une nouvelle forme d'économie « circulaire » et surtout la mettre en action en France.

Les industriels sont en marche, tant individuellement que collectivement (2ACR), mais ils ont besoin des autres membres de l'orchestre, pour concrétiser cette ambition.