

Le papier : un matériau du futur ?

Le papier, terme connu de tout le monde, recouvre une très grande diversité de formes et d'usages. Les applications représentant la plus grosse part du volume de papier fabriqué et consommé dans notre vie quotidienne sont destinées à l'impression, l'écriture, la presse, les magazines, les papiers d'hygiène et l'emballage. Ce dernier usage rassemble différentes formes de papier, de carton plat ou de carton ondulé. Il ne faut pas oublier les papiers qualifiés de "spéciaux" : papiers fiduciaires pour les billets de banque, papiers à cigarette, papiers-peint, sachets de thé, post-it,... L'énumération complète serait fastidieuse ! Mais de nouvelles formes de papier pour de nouveaux usages sont en train d'émerger. Quelles sont-elles et quelles technologies utilisent-elles ?

Le papier, c'est quoi au juste ?

Fondamentalement, le papier est le résultat de l'assemblage de très petites fibres de cellulose (fig.1). Lors de sa production, des molécules d'eau viennent s'intercaler et s'accrocher sur les atomes d'hydrogène présents le long des molécules de cellulose (fig.2). Une fois l'eau éliminée lors du séchage, ce sont des liaisons chimiques de type hydrogène qui feront la tenue mécanique du papier.

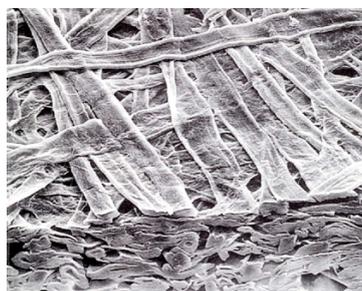


Figure 1. *Feuille de papier à fort grossissement* (crédit Copacel)

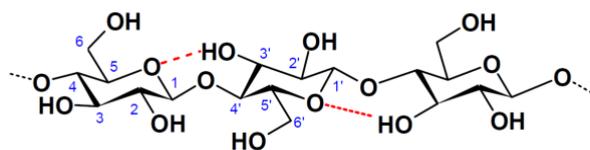


Figure 2. *Schéma montrant les liaisons hydrogène entre molécules*

Ces fibres de cellulose, sont d'origine naturelle. Le bois est de très loin la source la plus abondante ! Il faut ajouter le coton, le chanvre, l'alfa (plante herbacée vivace qui pousse dans des régions arides de l'ouest du bassin méditerranéen et qui sert notamment à fabriquer des papiers d'impression de qualité) et d'autres plantes annuelles. Le développement de la collecte et du recyclage du papier fournit aujourd'hui une nouvelle source très importante de fibres. Des journaux, des papiers d'emballages sont depuis de nombreuses années fabriqués en totalité avec des fibres recyclées ! Biosourcé, c'est à dire issu d'une biomasse végétale renouvelable, recyclable et recyclé, stockant le carbone, le papier mérite déjà le qualificatif de matériau du futur.

Améliorer les propriétés existantes des papiers : de nouvelles perspectives

De nouvelles technologies, de nouveaux procédés permettent aujourd'hui et encore plus demain, d'améliorer les propriétés existantes et d'offrir des fonctionnalités totalement nouvelles.

Dans le domaine de l'**emballage**, rendre le papier hydrophobe est un atout considérable. La chromatogénie permet de déposer à la surface du papier une très faible quantité d'acides gras, d'origine végétale, qui se greffent à la cellulose. Le papier devient ainsi barrière à l'eau et aux graisses. Plus besoin demain de coller un film plastique, ou une feuille d'aluminium, sur la feuille de papier ou de carton, pour obtenir de telles propriétés. Son recyclage est alors grandement simplifié. Des sacs en papier sont déjà fabriqués avec cette technologie.

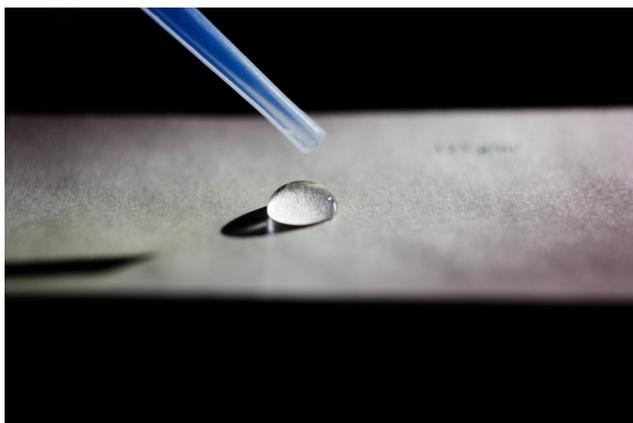


Figure 3. Goutte d'eau sur papiers traités par chromatogénie (Source: CTP)

Dans le domaine de la **communication**, certains voient le papier déjà condamné. C'est loin d'être le cas, il assure déjà une passerelle avec le monde électronique. Simplement photographier un QR code, imprimé sur un article ou une affiche, permet actuellement d'accéder, via son smartphone, à une page internet.

L'émergence de l'électronique organique et de l'électronique imprimée ouvre un champ immense de nouvelles possibilités. De nouvelles générations d'encres conductrices, résistives ou isolantes, permettent d'utiliser les techniques classiques d'impression pour faire du papier le support naturel de nouvelles fonctionnalités de type électronique.

Comment se préserver des ondes électromagnétiques de plus en plus présentes dans notre environnement quotidien (WiFi, GSM, etc.) ? Un MetaPapier est une réponse beaucoup plus simple et moins onéreuse que la mise en place d'une cage de Faraday. Il s'agit tout simplement d'un papier peint, sur lequel ont été imprimés des motifs particuliers (éléments électroniques) à l'aide d'une encre conductrice. Ce Méta-matériau papier peut aussi être marié avec des panneaux en plâtre ou en bois, utilisés en construction.

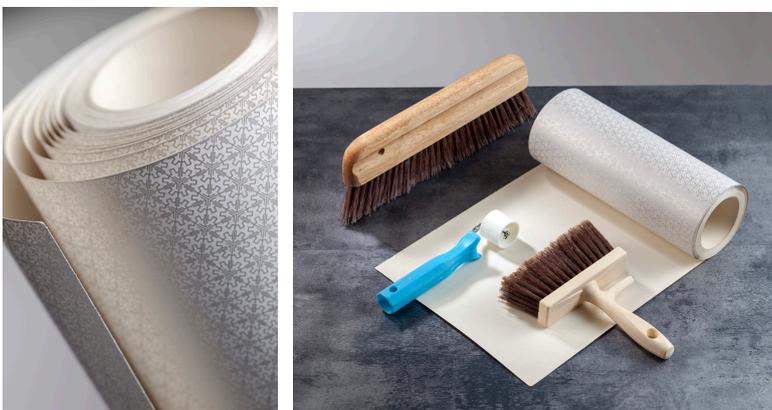


Figure 5. Papier peint MetaPapier ; il est posé avec les outils classiques (Source CTP)

La radio-identification, le plus souvent désignée par le sigle RFID permet la traçabilité d'objets grâce à une antenne et une micro-puce. Cette technologie existe dans de nombreux domaines du monde de l'étiquette et permet avec un lecteur de collecter les données de la puce à distance. Imprimer aujourd'hui cette solution sur un emballage permet de dépasser les limites d'un simple code barre. Peu importe où se trouve l'emballage dans son environnement, ses données sont accessibles individuellement et à distance. Connaître au passage en caisse le contenu d'un caddie de supermarché devient instantané, gérer des stocks de marchandises devient plus simple. Cette possibilité d'identification précise d'un produit, permet d'assurer sa traçabilité, mais aussi de lutter contre la contrefaçon, plaie majeure pour un certain nombre de secteurs.



Figure 4. QR code du Centre Technique du Papier (Source CTP)



Figure 6. *Decartag antenne RFID et emballage anti-contrefaçon* (Source CTP)

Il est possible d'imprimer des capteurs, qui vont par exemple permettre de détecter une rupture de la chaîne du froid sur des produits alimentaires. L'énergie nécessaire pour activer ces circuits électroniques est celle dégagée par les smartphones ou encore l'hybridation de batteries souples, voire de petites cellules photovoltaïques. Le papier est produit sous forme de grandes surfaces. On peut tirer avantageusement partie de sa troisième dimension, l'épaisseur, pour y intégrer de nouvelles propriétés, beaucoup plus facilement que l'on ne le ferait avec le plastique. On le fait déjà par exemple dans le papier fiduciaire et demain probablement pour les titres sécurisés.

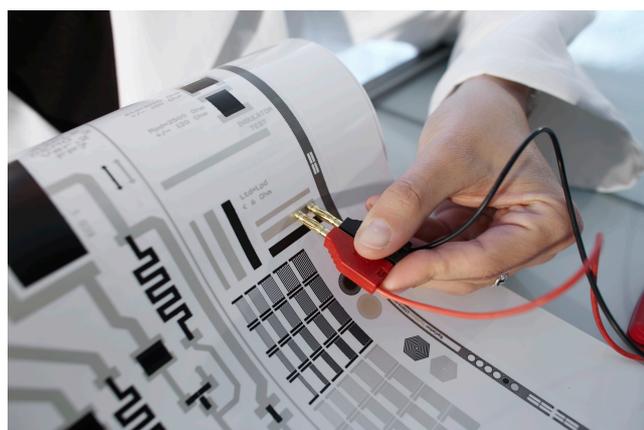


Figure 7. *Electronique imprimée et affiche interactive A3Ple*

Dans le **domaine sanitaire et de la santé**, le papier anti-microbien est promis à un bel avenir dans le monde hospitalier. Bien que déjà performants, l'amélioration des propriétés absorbantes et mécaniques, va rendre les papiers d'hygiène encore plus efficaces.

De nouvelles perspectives offertes par le développement des micro et nano-celluloses

Tout ce qui précède porte sur des structures du papier de type classique. Par contre le développement des micro et des nano- celluloses, ouvre des horizons pour des nouveaux matériaux, seuls ou en combinaison avec d'autres. Les nano et micro fibrilles de cellulose ont d'ores et déjà démontré leur intérêt et leur potentiel quant au développement de nouveaux produits performants. L'abondance de la cellulose, matière première renouvelable, laisse entrevoir des productions de l'ordre de plusieurs millions de tonnes par an. Les nano et micro fibrilles sont généralement fabriquées par des traitements mécaniques, par exemple dans un raffineur, un broyeur, un homogénéiseur. On obtient à l'issue de tels traitements des fibrilles de différentes tailles. La largeur des petites fibrilles ou agrégats est habituellement de 20-40 nanomètres (nm)

alors que leur longueur peut être de plusieurs micromètres. Les fibrilles sont très ramifiées et flexibles. La consommation d'énergie élevée des traitements mécaniques peut être réduite grâce à différents prétraitements chimiques ou enzymatiques qui agissent en facilitant la fibrillation des fibres cellulosiques. Les microfibrilles apportent entre autres des propriétés de grande résistance, d'absorption, de faible densité, d'auto-assemblage. La gamme des applications potentielles des nano et micro fibrilles de cellulose est variée et offre une excellente opportunité de développer de nouveaux bio-produits qui complètent les produits traditionnels de l'industrie de la pâte, du papier et du carton : modificateur de rhéologie (propriétés visco-élastiques sous l'effet de contraintes), rétenteurs d'eau dans les produits cosmétiques et produits d'hygiène, films transparents, couche barrières, etc...

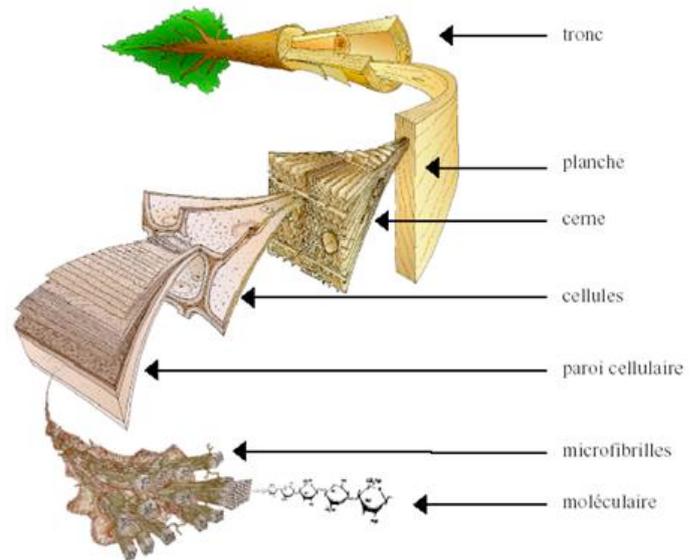


Figure 8. Structure hiérarchique du bois depuis la molécule de cellulose, jusqu'à l'arbre entier (d'après Hamilton, 1998)

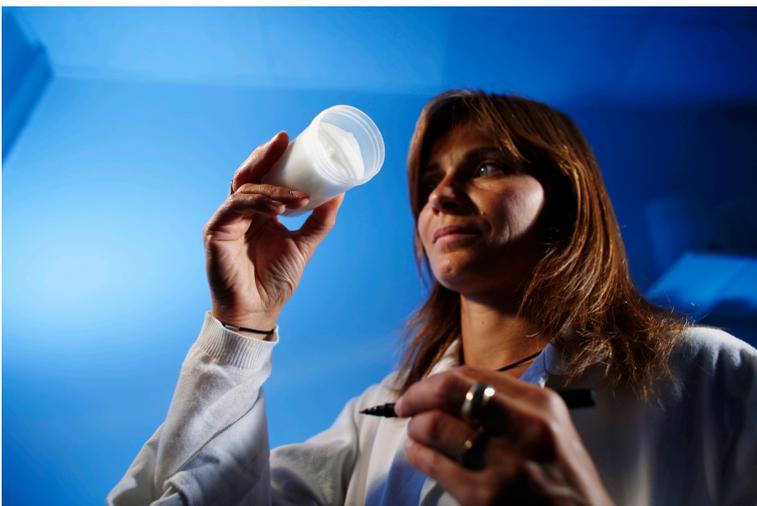


Figure 9. Microfibrilles de cellulose (gels et films souples)

Ce qu'il faut retenir

- Formé de cellulose le papier est bio-sourcé et recyclable
- On sait le rendre étanche à l'eau et aux graisses
- Il devient intelligent grâce à l'électronique imprimée
- Sous forme de micro et de nano fibrilles de cellulose, il ouvre des horizons totalement nouveaux

Recommandations : la lecture de cette fiche peut être complétée par celle des fiches 3.07 et 7.09