Spécialité PHYSIQUE TS

MATERIAUX : HYDROPHOBIE ET NANOTECHNOLOGIE

Document 1 : articles de FUTURA SCIENCES

L'effet des feuilles de Lotus pour des surfaces autonettoyantes !

Extrait du BE Etats-Unis N°23 - Ambassade de France aux Etats-Unis

Des peintures, des toits, des vitres et même des textiles autonettoyants sont récemment apparus sur le marché.

L'élaboration de ces surfaces s'inspire des feuilles de Lotus dont l'extrême hydrophobie fait rouler comme des billes toutes gouttes d'eau tombant sur leur surface. Grâce à cet "effet Lotus" la surface se nettoie d'elle même car les gouttes emportent sur leur passage saletés et bactéries.

Une étude approfondie de la structure des feuilles de Lotus a été conduite par une équipe du laboratoire de recherche de General Motors au Michigan. On savait déjà que la feuille de Lotus devait ces propriétés à une structure à deux niveaux -des rugosités de taille micrométriques et un tapis de poils nanométriques- ainsi qu'à une composition chimique de la surface proche de la cire.

L'équipe du prof. Hayden a montré l'importance de chaque structure dans l'effet hydrophobique. L'angle de contact que fait une goutte d'eau sur une feuille de Lotus est de 142° (une surface est considéré hydrophobique lorsque cet angle dépasse 90°) ce qui signifie que la surface de contact est très faible. Le contact est également minimisé par un coussin d'air piégé sous la goutte à l'intérieur des rugosités.

Lorsque le tapis de poils est fondu par chauffage à 150°C et qu'il ne reste que les rugosités micrométriques cet angle n'est plus que de 126°, alors que la feuille de Lotus éliminée de toutes rugosités possède un angle de contact de 74°. Les scientifiques se sont assurés que la composition chimique de la surface restait intacte en dessous de 200°C grâce à des techniques de spectroscopie infrarouge et d'analyse thermogravimétrique.

L'ensemble des expériences a été réalisé sur une feuille de Lotus déshydratée dont les propriétés sont très proches de la forme hydratée.

Physique : les secrets des surfaces hydrophobes

Par Jean-Luc Goudet, Futura-Sciences

Il a fallu des années de recherche et les rayons X pour visualiser la couche de molécules d'eau sagement étalée sur une surface hydrophobe...

Quand une goutte d'eau glisse sur une surface hydrophobe, c'est qu'elle n'adhère pas. Les physiciens ne se contentent pas de cette réponse trop simple et certains, depuis des années, cherchent à savoir ce qui se passe, à l'échelle des molécules, entre la surface solide et l'eau.

Longtemps, la balle est restée dans le camp des théoriciens. Selon eux, au voisinage de la surface hydrophobe, les molécules d'eau s'organisent en une couche fine, où les molécules sont plus éloignées les unes des autres que dans le reste du liquide.

Des expériences avaient déjà tenté de vérifier cette idée mais les différents résultats étaient contradictoires. Parfois seulement, ils confirmaient la thèse de la couche mince. Certaines expériences semblaient même montrer qu'il se formait sur la surface des bulles minuscules séparées par des zones de contact entre l'eau et la surface.

Une équipe américaine menée par Steve Granick (université de l'Illinois) pourrait avoir définitivement résolu l'énigme. L'expérience a consisté à mesurer la réflectivité du rayonnement X d'un synchrotron au niveau du contact entre l'eau et une surface parfaitement hydrophobe (à base de silane).

Une couche mince a été mise en évidence, épaisse de 2 à 4 angströms, soit l'épaisseur d'une molécule d'eau. La densité d'électrons y est 40 % inférieure à celle de l'eau libre. Cette couche se forme même en l'absence d'air dissout dans l'eau et, s'appuyant sur d'autres détails, les auteurs affirment qu'il faut oublier l'hypothèse des nanobulles d'air.

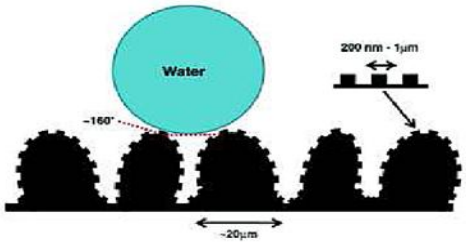
Un petit mystère de la Nature est donc levé. Sur un ciré, une couche monomoléculaire d'eau recouvre le vêtement, les autres molécules glissent...

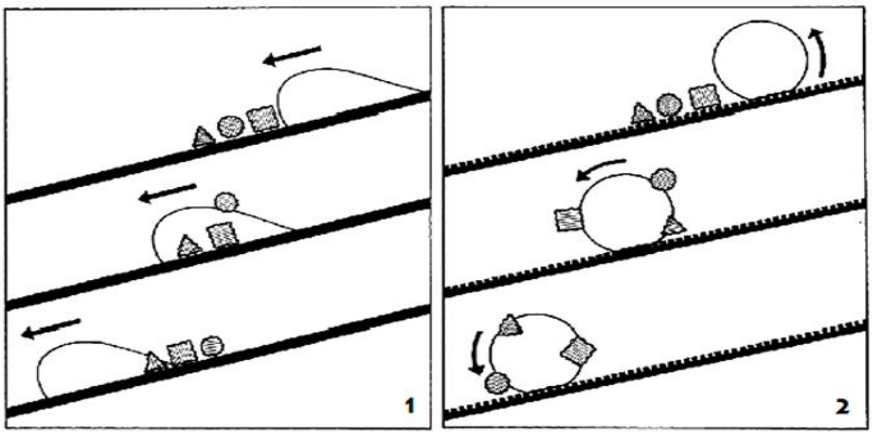
Document 2 : effet LOTUS

L'effet lotus est un phénomène de superhydrophobie causé par une rugosité nanométrique. Son nom provient du lotus (Nelumbo sp), dont les feuilles présentent cette caractéristique. D'autres plantes, comme les feuilles de capucine (Tropaeolum), de chou, de roseau (Phragmites), de taro (Colocasia esculenta) ou de l'ancolie, et certains animaux (par exemple les canards, plus particulièrement leurs plumes), notamment des insectes, montrent le même comportement. L'effet lotus confère à la surface des capacités autonettoyantes : en s'écoulant, les gouttes d'eau emportent avec elles les poussières et particules. La faculté d'auto-nettoyage des surfaces hydrophobes à structure microscopique et nanoscopique a été découverte dans les années 1970 et son application aux produits biomimétiques remonte au milieu des années 1990.

Image générée par ordinateur de l'effet lotus avec trois gouttes d'eau reposant sur les microstructures

Une structure microscopique vallonnée, formée de petites "collines" de quelques micromètres de haut.
Ces petites "collines" ont elles-mêmes une structure nanoscopique rugueuse: Chacune d'entre elles est recouverte de petites "bosses".





Document 3 : Intérêt pour l'Homme et applications techniques

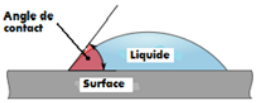
Une surface autonettoyante! Un rêve!

Ne plus devoir nettoyer les sanitaires, les fenêtres, les façades, les voitures, les toits,...

Bien que mieux adapté à l'extérieur (il faut de l'eau (->la pluie), pour que l'effet lotus "fonctionne"), les industriels ne sont pas laissés impressionnés et ont créé une multitude de produit, dont la publicité promet beaucoup. (ATTENTION! Certains produits sont vantés d'utiliser l'effet lotus dans la publicité, mais ne le font pas. De plus, il ne faut pas confondre une surface autonettoyante avec une surface easy-to-clean.)

Voici quelques produits utilisant l'effet lotus:

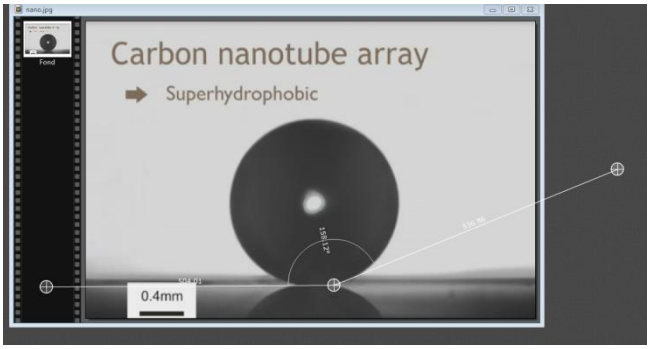
- Lotusan®, une peinture de façade (l'effet lotus a été reproduit à l'aide de silicone)
- des tuiles, de l'entreprise Erlus
- des tissus, avec la mention "self cleaning inspired by nature" (par ex.: store)
- de la laque (pour voitures) (en raison de la forte rugosité, elle semble laiteuse)
- les vitres du système de péage automatique des camions en Allemagne sur les autoroutes (elles aussi sont laiteuses, mais cela ne dérange pas le bon fonctionnement)



A-Mesures

Utilisation du logiciel **PHOTOFILTRE** et de l'utilitaire de mesure d'angle **ScreenScales**.

- (screenscales : menu par clic droit : réglage de la couleur option mesure d'angle et surtout « always on top » pour pouvoir mesurer les angles sur les photos.)



Hydro1.jpg : surface de nanotube de carbone
Hydro2.jpg : surface nanoparticules de SiO2
Hydro3.jpg : feuille de lotus
Hydro4.jpg : goutte sur verre nu
Hydro5.jpg : surface peinture hydrophobe
Hydro6.jpg : surface teflon
Hyfro7.jpg : goutte sur verre+ suie

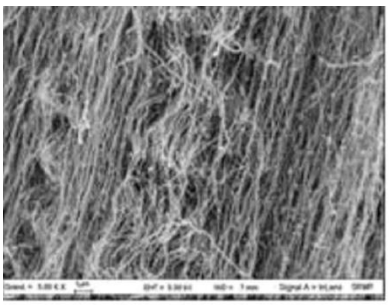
- Faire un tableau récapitulatif des résultats et indiquer les surfaces considérées comme hydrophobes

B- expériences

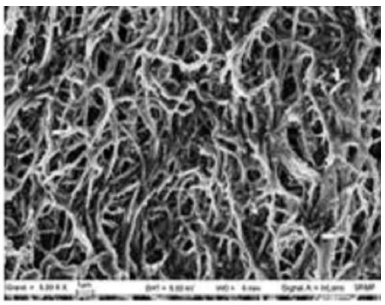
- Recouvrir l'une des 2 faces d'un morceau de verre de suie (combustion d'un peu d'essence de terebenthine dans une soucoupe). Poser délicatement une goutte d'eau sur la surface. Observer.
- Poser une gouttelette d'eau sur la surface non traitée et observer.
- Proposer une interprétation à l'aide des documents de ce que l'on vient d'observer.

C- Analyses

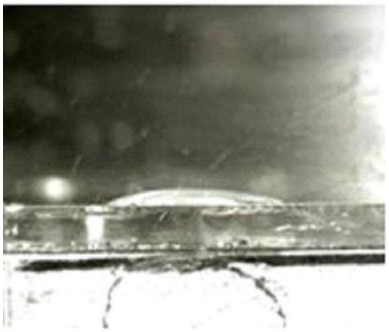
Comment les molécules d'eau s'organisent-elles à la surface d'un matériau hydrophobe ? Quelles sont les caractéristiques d'une surface hydrophobe ? Expliquer comment on a trouvé la cause de l'hydrophobie des feuilles de lotus. Comment et pourquoi une surface peut-elle être autonettoyante.



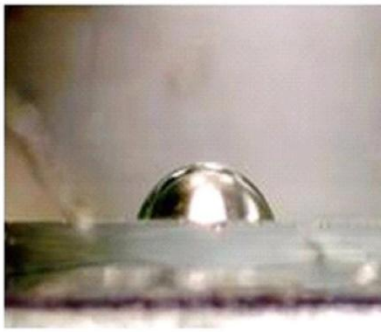
(a) Nanotubes de carbone vierges



(b) Nanotubes fonctionnalisés



(c) Goutte d'eau sur verre nu



(d) Goutte d'eau sur verre fonctionnalisé