

I-Etude documentaire**Corrigé****Document 1 : Nanosciences et nanotechnologie**

Les nanotechnologies et les nanosciences sont l'étude, la fabrication et la manipulation de structures, de dispositifs et de systèmes matériels à l'échelle de moins du nanomètre.

À l'échelle nanométrique, la matière présente des propriétés quantiques particulières.

Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/Nanotechnologie>

Document 2 : Propriétés des nanomatériaux

Les nanomatériaux sont constitués d'éléments nanométriques qui vont leur conférer la propriété recherchée. Ils peuvent se présenter sous forme de nanopoudre : en diminuant la taille des grains, on obtient des matériaux plus légers et ayant de meilleures propriétés mécaniques, par exemple plus résistants. Les matériaux obtenus sont plus malléables car les grains glissent plus facilement les uns par rapport aux autres.

Plus un objet est petit, plus sa surface externe est importante par rapport à son volume. Les objets nanométriques sont caractérisés par un nombre d'atomes en surface identique au nombre d'atomes en volume. Les phénomènes de surface jouent donc un rôle désormais prédominant. Le monde naturel l'illustre bien : ainsi, un insecte peut marcher sur l'eau mais, grossi 500 fois jusqu'à la taille d'un éléphant, il n'en serait plus capable. De plus, ce qui se passe à l'interface entre chaque élément constitutif est aussi très important. Plus il y a d'éléments, plus la surface d'échange augmente. Celle des objets nanométriques est par conséquent immense.

Il est ainsi possible de modifier les propriétés d'un matériau en le façonnant à cette échelle. Par exemple, le cuivre formé de nanocristaux est trois fois plus résistant mécaniquement qu'en microcristaux. Une poussière de nanotubes « en vrac » a une immense surface d'échange avec son environnement : plusieurs centaines de mètres carrés par gramme. Cela permet notamment d'augmenter l'efficacité des catalyseurs de l'industrie chimique ou des pots d'échappements pour le même volume de matière.

Source : http://www.cea.fr/jeunes/themes/micro_nanotechnologies/le_nanomonde/nanomateriaux

Document 3 : Les ferrofluides

Les ferrofluides constituent l'une des manifestations les plus spectaculaires des nanotechnologies à notre échelle humaine. Phénomène visible à l'œil nu, il est cependant nécessaire de pénétrer dans la matière pour le comprendre à l'échelle des nanoparticules ferromagnétiques.

Les ferrofluides sont des solutions de nanoparticules magnétiques d'un diamètre compris entre 10 et 20 nanomètres. Ils ont de nombreuses applications pratiques (têtes de lecture CD, encres magnétiques, imagerie médicale, etc.).

Source : <http://www.knowtex.com/na>

Document 4 : L'œuvre de Sashiko Kodama.

Sashiko Kodama est née au Japon en 1970. Elle vécut son enfance dans l'extrême Sud du Japon. Sashiko aime l'art et la littérature depuis sa plus tendre enfance, mais s'intéresse également beaucoup aux sciences. En 2000, dans le cadre de son doctorat, elle travaille sur les ferrofluides et appelle son premier projet "Protrude, Flow". Le mouvement dynamique des liquides est le thème de son projet.

« Equilibrium Point » (2006). Est une œuvre qui utilise les ferrofluides, le son et les images en mouvement. Les patrons tridimensionnels du ferrofluide se transforment de diverses façons induites par les sons de la voix des spectateurs.

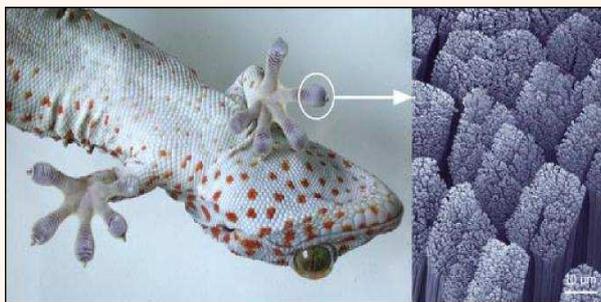
Instantanément les mouvements du fluide et ses transformations dynamiques se projettent sur un grand écran. Parfois le fluide apparaît comme des montagnes, et d'autres fois comme des torrents.

C'est à l'aide d'un microphone suspendu qui capte les sons de la pièce que le fluide bouge.

Un ordinateur convertit l'amplitude du son en tension électrique qui alimente les électroaimants, qui eux-mêmes déterminent le champ magnétique auquel est soumis le fluide.



Document 5 : La nature inspiratrice



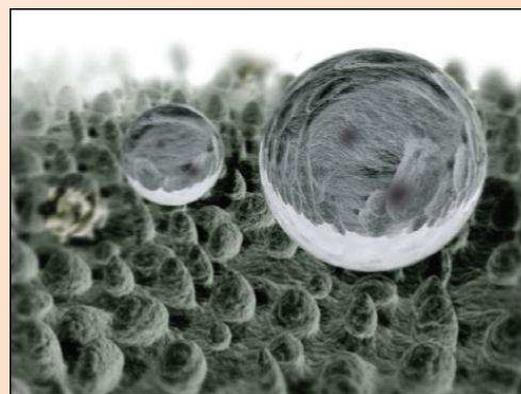
Le gecko, petit animal qui ressemble à un lézard, a la propriété étonnante de courir au plafond ! En examinant de très près la surface de ses pattes, on a découvert qu'elle est constituée d'un tapis de fibres très serrées qui lui donne cette superadhérence. Des chercheurs sont en train d'en copier la structure pour reproduire cet effet de nano-velcro...

La feuille de lotus, quant à elle, présente une propriété étonnante : elle est super-hydrophobe. L'étude nanométrique de sa surface met en évidence une nanostructure qui fait glisser les gouttes, et permet de comprendre comment et pourquoi, même plongée dans l'eau, elle paraît toujours sèche. L'intérêt de cette recherche est de pouvoir fabriquer des verres hydrophobes qui pourraient équiper les véhicules et la lunetterie.

Source : http://www.cea.fr/jeunes/themes/micro_nanotechnologies/le_nanomonde/nanomateriaux

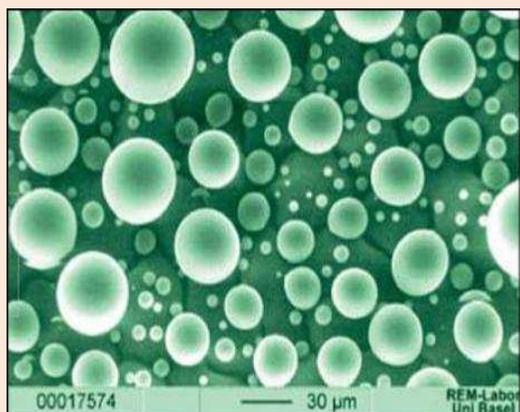
By mimicking the nano-structure of the lotus, we now have self-cleaning paints and sprays

Source : <http://www.labnews.co.uk>

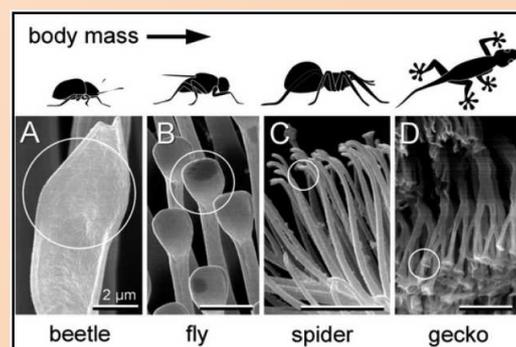


Gouttes d'eau sur une feuille de lotus, vues par l'ESEM, un microscope à balayage électronique spécial de l'université de Bâle.

Source : [La nanotechnologie, l'innovation pour le monde de demain. Brochure de la commission Européenne.](#)



Principe of contact division in biological contact systems: heavier body weight requires finer surface structures (setae) in order to stick better to surfaces. The findings gained by the Stuttgart researchers can be used for the development of artificial adhesion systems (Fig.: MPG)



Source : <http://www.bio-pro.de/magazin/thema/00172/index.html?lang=en&artikelid=/artikel/03049/index.html>

Document 6 : Le monde nano et ses perspectives très prometteuses.

Vidéo « Science Suisse : Christian Schönberger, nano-physicien », 12 min.

« Christian Schönberger conduit le Swiss Nanoscience Institute et enseigne la physique expérimentale à l'Université de Bâle. Le professeur a découvert que la manipulation de nano-objets, notamment de molécules, avaient des propriétés de conduction électrique comparables à celles des semi-conducteurs et des métaux conventionnels. »

QUESTIONS :

1. Citer plusieurs raisons expliquant que les propriétés des nanomatériaux soient différentes de celles des matériaux « traditionnels » de même composition.
 - **En diminuant la taille des grains, on obtient des matériaux plus légers, plus résistants, plus malléables. (doc 2)**
 - **On obtient des catalyseurs plus efficaces car le rapport surface/volume est plus élevé. (doc 2)**
 - **On peut obtenir une structure hydrophobe comme celle de la feuille de lotus ou des propriétés de super adhérence comme sur le gecko (doc 5)**
2. Pourquoi les ferrofluides peuvent-ils être qualifiés de nanomatériaux ?
Les ferrofluides sont des solutions de particules magnétiques de l'ordre du nanomètre (diamètre compris entre 3 et 20 nm)
3. Rechercher quelques applications des ferrofluides.
 - **joint hydrauliques**
 - **amortisseurs voitures**
 - **impression des billets de 1\$**
 - **enceintes audio**
 - **cancérologie, IRM...**
4. Pourquoi la feuille de lotus reste-t-elle toujours sèche ? Citer des applications possibles.
La surface de la feuille de lotus est super-hydrophobe (doc 5) : les gouttes d'eau glissent au lieu de s'imprégner. Applications envisagées : les verres hydrophobes (lunettes, pare brise de voiture).
5. Comment le gecko arrive-t-il à s'accrocher au plafond ? Citer des applications possibles.
Les pattes des geckos sont recouvertes de nombreuses fibres très fines qui leur confèrent une super adhérence. Plus la structure d'une surface est fine, meilleure est l'adhérence, c'est l'effet nano-velcro. Applications envisagées : matériaux à structure super adhésive.
6. Quel intérêt présente l'utilisation de nano-conducteurs pour la fabrication d'ordinateurs quantiques ?
En 1965, Gordon Moore établit sa fameuse "loi" qui prévoyait, en électronique, un doublement du nombre de composants élémentaires -en l'occurrence de transistors- par puce tous les deux ans. 40 ans plus tard, la puissance de calcul d'une puce et donc des processeurs a été multipliée par plus d'un million !
En 2007, Gordon Moore annonça que sa loi cesserait de s'appliquer à l'horizon 2020 car la miniaturisation électronique se heurterait alors aux lois de la physique. En effet, en dessous de 10 nanomètres, les transistors ne comportent plus que quelques atomes et leur comportement se met à obéir aux lois étranges de la physique quantique.
Aujourd'hui, chercheurs et ingénieurs, au lieu de considérer ces lois comme un obstacle infranchissable, essaient de les utiliser à leur profit pour faire entrer l'informatique dans une nouvelle ère.

Cette rupture technologique devrait permettre de concevoir des puces bien plus puissantes consommant 100 fois moins d'énergie qu'aujourd'hui.

Mais la véritable révolution viendra de la puissance de calcul phénoménale des futurs superordinateurs quantiques.

Les futurs ordinateurs quantiques auront une telle puissance de calcul qu'ils pourront réaliser en quelques secondes des simulations numériques qui demandent aujourd'hui des semaines ou des mois de travail aux meilleurs superordinateurs.

<http://www.enerzine.com/768/l-ordinateur-quantique-va-revolutionner-linformatique/participatif.html>

II-Synthèse de nanoparticules de magnétite

Se munir de gants, blouse, lunettes car les solutions manipulées contiennent de l'acide sulfurique à 2 mol/L.

- Dans un bécher de 100 mL, introduire avec une pipette graduée 2,0 mL de solution de sulfate de fer II acidifiée à 1,0 mol/L, puis 4,0 mL de solution de chlorure de fer III à 1,0 mol/L.
- Introduire un barreau magnétique et agiter en permanence.
- A l'aide d'une burette, ajouter, au rythme de deux gouttes par seconde, 50 mL de solution d'ammoniac à 0,70 mol/L.
- Retirer le barreau magnétique.
- Laisser la solution décanter en positionnant un aimant sous le bécher.
- Vider la phase aqueuse pour ne garder que le ferrofluide à l'aide d'un aimant au fond du bécher.
- Rincer plusieurs fois avec 20 mL d'eau distillée à chaque fois. Garder un aimant puissant près du fond du bécher pour ne pas perdre de ferrofluide.

- Ajouter 0,5 mL d'hydroxyde de tétraméthylammonium à 25 % (ou à défaut un volume égal de savon liquide) dans le ferrofluide et agiter avec la baguette de verre pour suspendre le ferrofluide dans ce nouveau milieu.
- ▶ Tester le ferrofluide avec un aimant.
Selon le solvant utilisé et la force de l'aimant, on peut observer la formation d'un dôme ou de pics (dans la direction des lignes de champ).
PERSO : En l'absence d'hydroxyde méthylammonium, j'ai testé avec une solution de produit vaisselle et je n'ai pas observé de pics seulement un dôme. Le comportement magnétique du fluide est cependant bien mis en évidence et l'observation au microscope est impressionnante !

QUESTIONS :

7. Proposer une équation pour cette synthèse, sachant que le ferrofluide est constitué de nanoparticules de magnétite Fe_3O_4 et que les ions chlorure sont spectateurs.



8. Déterminer les quantités de matière initiales d'ions Fe^{2+} et Fe^{3+} et vérifier que ces quantités sont stœchiométriques.

On peut utiliser un tableau d'avancement pour justifier les différentes réponses :

	FeCl_2	+	2FeCl_3	+	8NH_3	+	$4 \text{H}_2\text{O}$	→	Fe_3O_4	+	$8 \text{NH}_4\text{Cl}$
Etat initial	$n_{(\text{FeCl}_2)_i}$		$n_{(\text{FeCl}_3)_i}$		$n_{(\text{NH}_3)_i}$		Excès		0		0
En cours	$n_{(\text{FeCl}_2)_i} - x$		$n_{(\text{FeCl}_3)_i} - 2x$		$n_{(\text{NH}_3)_i} - 8x$		Excès		x		8x
Etat final	$n_{(\text{FeCl}_2)_i} - x_{\text{max}}$		$n_{(\text{FeCl}_3)_i} - 2x_{\text{max}}$		$n_{(\text{NH}_3)_i} - 8x_{\text{max}}$		excès		x_{max}		$8x_{\text{max}}$

$$n(\text{FeCl}_2) = C \times V = 1,0 \times 2,0 \cdot 10^{-3} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

$$n(\text{FeCl}_3) = C \times V = 1,0 \times 4,0 \cdot 10^{-3} = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$$

L'équation montre qu'il faut deux fois plus de chlorure de fer III que de chlorure de fer II ce qui est bien les cas ici :

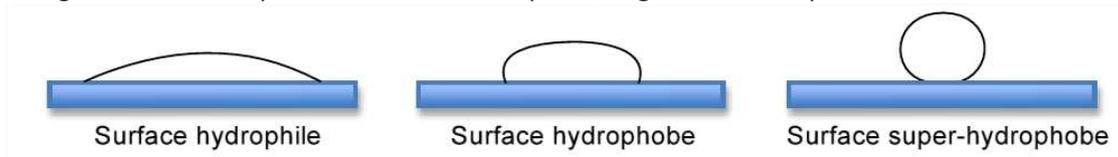
$$n(\text{FeCl}_3) = 2 n(\text{FeCl}_2).$$

9. Déterminer la quantité de matière de magnétite théoriquement obtenue.

Si la réaction est totale, $x_{\text{max}} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = n(\text{Fe}_3\text{O}_4)$.

III-Surfaces super-hydrophobes

Lorsqu'une goutte d'eau est posée sur une surface plane, la goutte s'étale plus ou moins.



- Après avoir dégraissé une plaque de verre avec du liquide vaisselle, l'essuyer soigneusement et vérifier son caractère hydrophile en déposant une goutte d'eau dessus.
- Essuyer à nouveau soigneusement la plaque.
- Place la flamme d'une allumette au-dessous de la plaque de verre de façon à y déposer la suie issue de la combustion de l'allumette.
- Déplacer l'allumette de façon à recouvrir le plus uniformément possible la surface de la plaque.
- Recommencer avec une deuxième allumette
- Poser délicatement une goutte d'eau sur la surface de la plaque recouverte par la suie.

QUESTIONS :

10. La surface a-t-elle acquis un caractère hydrophobe ou super-hydrophobe ? **super-hydrophobe**
11. En quoi la surface de la plaque recouverte de suie est-elle nanostructurée ?

La suie contient toutes les particules solides, qui se sont déposées sur la plaque de verre après combustion de l'allumette: du carbone sous forme de nano grains de graphite (de taille inférieure à 10^{-9} m) et des composés organiques partiellement brûlés.

Le traitement déposé sur le verre n'est pas résistant. En effet, on observe que le revêtement peut facilement se fragmenter ou glisser sur la surface de verre.

**Les nanograins de graphite et des composés organiques ne sont pas liés à la surface du verre (pas de forces de cohésion), et ne sont pas non plus liés entre eux.
Seule la surface a été modifiée pour lui conférer cette propriété.**

- 12. Quel exemple de surface super-hydrophobe existe dans la nature ? **feuille de lotus et d'autres plantes comme la feuille de chou, de capucine... et dans le monde animal : plumes du canard, pattes des gerris (insecte aquatique)...****
- 13. Quel peut être l'intérêt de rendre une surface super-hydrophobe ? **Les taches ne peuvent pas s'y accrocher : la surface (d'un textile par exemple) sera donc auto-nettoyante !****