Nano-imperméabilisation

Présenté par TryEngineering – www.tryengineering.org

Objet de la leçon

Cette leçon s'attache à expliquer l'impact des nanotechnologies sur la conception et l'ingénierie de nombreux articles d'usage courant, de la peinture aux tissus. Les élèves étudient la notion d'effet hydrophobe et comment des propriétés similaires peuvent être ajoutées en repensant la conception des produits au niveau nano. Les élèves travaillent en équipes pour mettre au point un matériau hydrofuge et comparent leurs résultats aux matériaux nano hydrofuges récemment mis au point par des ingénieurs et chercheurs.

Sommaire de la leçon

La leçon« Nano-imperméabilisation » explique comment certains matériaux peuvent être modifiés à l'échelle nano afin de leur conférer des propriétés, telles que l'imperméabilité et la résistance aux taches. En équipes d'« ingénieurs », les élèves développent leur propre technique pour imperméabiliser des échantillons de tissu de coton et comparent leur concept à un tissu ayant subi des manipulations nanotechnologiques.

Niveaux d'âge

8 à 18 ans.

Objectifs

- Etudier les nanotechnologies.
- Etudier l'effet hydrophobe.
- Etudier la notion de surface active.
- Apprendre le travail d'équipe et la résolution des problèmes en groupes.

Résultats escomptés à la fin de la leçon

Au terme de cette activité, les élèves devraient acquérir une compréhension des sujets suivants :

- les nanostructures
- la surface active
- la résolution des problèmes
- le travail d'équipe

Activités de la leçon

Les élèves étudient l'impact des nanotechnologies sur la fabrication et l'utilisation des tissus.
Ils travaillent ensuite en équipes pour développer une solution d'imperméabilisation d'un morceau de tissu en coton, mettent leur solution à exécution, testent le tissu, puis examinent des échantillons de tissu dont la surface a subi des altérations nanotechnologiques.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Ressources/Matériaux

- Documents de ressource aux enseignants (en pièces jointes)
- Feuilles de travail des élèves (en pièces jointes)
- Fiches de ressource aux élèves (en pièces jointes)

Alignement sur les structures des programmes scolaires

Voir la fiche ci-jointe décrivant l'alignement des programmes scolaires.

Liens Internet (en anglais)

- TryEngineering (www.tryengineering.org)
- TryNano (www.trynano.org)
- Nano-Tex (www.nano-tex.com)

Lecture recommandée (en anglais)

- Nanomaterials, Nanotechnologies and Design: An Introduction for Engineers and Architects (ISBN: 0750681497)
- Understanding Nanotechnology (ISBN: 0446679569)
- Nano Materials: in Architecture, Interior Architecture and Design (ISBN: 3764379952)

Activité d'écriture facultative

- Rédigez une dissertation ou un paragraphe expliquant les avantages potentiels de l'application des nanotechnologies aux tissus, surfaces ou matériaux employés dans les hôpitaux ou les centres de soins.

Activité complémentaire

- Demandez aux élèves de niveau plus avancé d'inhiber les propriétés hydrofuges des tissus nano par tous les moyens qui leur viennent à l'esprit. Ils peuvent, par exemple, frotter la surface, teindre le tissu, ou le faire bouillir, le laver, le mettre au congélateur ou le repasser.

© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Pour les enseignants :
Alignement sur les structures des programmes scolaires

Remarque : Tous les plans de leçons de cette série sont alignés sur les normes nationales pour l'enseignement des sciences (*National Science Education Standards*), établies par le Conseil national de recherche des Etats-Unis (National Research Council) et approuvées par l'Association nationale des enseignants des sciences des Etats-Unis (National Science Teachers Association), et le cas échéant, sur les normes internationales d'enseignement de la technologie pour l'alphabétisation technologique (International Technology Education Association's Standards for Technological Literacy) ou sur les principes et normes en matière de mathématiques scolaires établis par le Conseil national américain des enseignants en mathématiques (National Council of Teachers of Mathematics' Principals and Standards for School Mathematics).

◆Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la maternelle au primaire (4 à 9 ans)

NORME DE CONTENU A : Enquête scientifique
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :
- Les aptitudes nécessaires pour réaliser des enquêtes scientifiques
- Une compréhension de l'enquête scientifique

NORME DE CONTENU B : Sciences physiques
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension :
- Des propriétés des objets et matériaux

NORME DE CONTENU E : Science et technologie
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :
- Des aptitudes de conception technologique
- Des aptitudes à distinguer les objets naturels des objets fabriqués par les hommes

NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :
- La science et de la technologie dans les enjeux locaux

◆Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la CM2 à la quatrième (10 à 14 ans)

NORME DE CONTENU A : Enquête scientifique
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :
- Les aptitudes nécessaires pour réaliser des enquêtes scientifiques
- Une compréhension de l'enquête scientifique

NORME DE CONTENU B : Sciences physiques
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension :
- Des propriétés et des changements de propriétés de la matière

NORME DE CONTENU E : Science et technologie
Au terme des activités effectuées de la CM2 à la quatrième, tous les élèves devraient acquérir :
- Des aptitudes de conception technologique
- Une compréhension de la science et de la technologie

NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :
- La science et de la technologie dans la société

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Pour les enseignants : Alignement sur les structures des programmes scolaires (suite)

◆Normes nationales pour l'enseignement des sciences de la troisième à la terminale (14 à 18 ans)

NORME DE CONTENU A : Enquête scientifique
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :
- Les aptitudes nécessaires pour réaliser des enquêtes scientifiques
- Une compréhension de l'enquête scientifique

NORME DE CONTENU B : Sciences physiques
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :
- La structure des atomes
- La structure et des propriétés de la matière

NORME DE CONTENU E : Science et technologie
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir :
- Des aptitudes de conception technologique
- Une compréhension de la science et de la technologie

NORME DE CONTENU F : La science d'un point de vue personnel et social
Au terme de leurs activités, tous les élèves devraient acquérir une compréhension de :
- La science et de la technologie dans les enjeux locaux, nationaux et mondiaux

◆Normes pour l'alphabétisation technologique - Tous âges

La nature de la technologie
- Norme 1 : Les élèves acquerront une compréhension des caractéristiques et de la portée de la technologie.
- Norme 3 : Les élèves acquerront une compréhension des relations entre les technologies et des liens entre la technologie et d'autres champs d'étude.

Conception
- Norme 9 : Les élèves acquerront une compréhension de la conception technique.
- Norme 10 : Les élèves acquerront une compréhension du rôle de la recherche des défaillances, de la recherche et du développement, de l'invention et de l'innovation, et de l'expérimentation dans la résolution des problèmes.

Aptitudes pour un monde technologique
- Norme 11 : Les élèves acquerront des aptitudes d'application du processus de conception.
- Norme 13 : Les élèves acquerront des aptitudes d'évaluation de l'impact des produits et systèmes.

Le monde, objet de conception
- Norme 19 : Les élèves acquerront une compréhension et des aptitudes de sélection et d'utilisation des technologies de fabrication.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Pour les enseignants : Ressource aux enseignants

◆ But de la leçon

Cette leçon s'attache à expliquer l'impact des nanotechnologies sur la conception et l'ingénierie de nombreux articles d'usage courant, de la peinture aux tissus. Les élèves étudient la notion d'effet hydrophobe et comment des propriétés similaires peuvent être ajoutées en repensant la conception des produits au niveau nano. Les élèves travaillent en équipes pour mettre au point un matériau hydrofuge et comparent leurs résultats aux matériaux nano hydrofuges récemment mis au point par des ingénieurs et chercheurs.

◆ Objectifs de la leçon

- Etudier les nanotechnologies.
- Etudier l'effet hydrophobe.
- Etudier la notion de surface active.
- Apprendre le travail d'équipe et la résolution des problèmes en groupes.

◆ Matériaux

- Fiche de ressource aux élèves
- Feuilles de travail des élèves
- Microscope ou caméra microscope (activité facultative) ; évier ou bassine pour tester les tissus
- Un jeu de matériaux par groupe d'élèves :
  - Quatre échantillons de tissu de coton blanc uni de 10 x 10 cm
  - Un échantillon de tissu de 10 x 10 cm ayant été altéré à l'échelle nano (suggestion : achetez une chemise blanche en tissu nano que vous découperez en morceaux pour les distribuer à la classe. De nombreux magasins ou sites marchands en ligne vendent ce type de produit – consultez la liste sur www.nano-tex.com/company/brand_partners.html.)
  - Matériaux « imperméabilisants » : paraffine, crayons de couleur, huile de graines de lin, lanoline, argile, colle, cuillères ou bâtonnets pour étaler le matériau, ou autres produits suggérés par les élèves

◆ Marche à suivre

1. Montrez aux élèves les divers documents de référence à leur disposition. Ces documents peuvent être lus en classe ou donnés à lire à la maison la veille.
2. Répartissez les élèves en groupes de 2 ou 3 et distribuez un jeu de matériaux à chaque groupe.
3. Expliquez aux élèves qu'ils doivent mettre au point une méthode pour « imperméabiliser » un échantillon de tissu qui servirait à la confection d'une chemise. Dans ce cas, « imperméabiliser » signifie que l'eau ne doit pas être absorbée par le tissu, mais perler à la surface.
4. Les élèves se concertent afin d'élaborer un plan écrit pour trois approches différentes : Tissu A, Tissu B et Tissu C (le quatrième échantillon de tissu est fourni en cas d'erreur)
5. Les élèves « fabriquent » ensuite leurs trois échantillons de tissu.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Pour les enseignants :
Pour les enseignants :
Ressource aux enseignants (suite)

6. En tant qu'activité supplémentaire, les élèves peuvent examiner au microscope leurs tissus « imperméables » pour observer les modifications opérées à la surface suite à l'application de chaque système d'« imperméabilisation ». Donnez-leur également à examiner un échantillon de tissu ayant subi des manipulations au niveau nano. Les élèves ne pourront pas voir les modifications à l'aide d'un microscope scolaire ordinaire : l'absence de différences visibles entre le coton non modifié et le coton soumis à un traitement nanotechnologique permettra de démontrer la puissance des différents types de microscopes.

7. Chaque équipe d'élèves testera ensuite ses tissus dans une bassine d'eau ou dans un évier, remplira une fiche d'évaluation/de réflexion et présentera ses observations à la classe. Testez éventuellement les propriétés anti-taches des tissus en versant de l'eau colorée ou du jus de fruit.

◆ **Temps nécessaire**
Deux ou trois sessions de 45 minutes

◆ **Exercice facultatif : fabrication d'une maquette**
Demandez aux élèves de construire une maquette illustrant l'effet hydrophobe. Pour cela, ils peuvent utiliser une balle en mousse piquée de pailles ou de cure-dents pour simuler les minuscules poils qui recouvrent certaines feuilles afin empêcher l'eau d'entrer en contact direct avec la surface. Cela leur permettra également de comprendre visuellement le mode de fonctionnement de l'imperméabilisation à l'échelle nano.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Pour les élèves :
Qu'est-ce que la nanotechnologie ?

Imaginez que vous puissiez observer le passage d'un globule rouge dans votre veine. Ou des atomes de sodium et de chlore suffisamment proches pour échanger des électrons et former un cristal de sel. Ou encore les vibrations des molécules à mesure que la température monte dans une casserole d'eau. Grâce au développement et au perfectionnement des instruments d'optique au cours des dernières décennies, il est aujourd'hui possible d'observer les situations décrites précédemment. La capacité à observer, à mesurer et même à manipuler les matériaux à l'échelle moléculaire ou atomique est appelée « nanotechnologie » ou « nanoscience ». A l'échelle nano, tout objet observé est visible à un milliardième de sa taille normale. Les chercheurs et ingénieurs apposent le préfixe « nano », par exemple, aux mètres (longueur), secondes (temps), litres (volume) et grammes (masse) afin de représenter des quantités infiniment petites. Le préfixe « nano » est le plus souvent appliqué à l'échelle de longueur et on parle alors de nanomètres (nm). Chaque atome possède un diamètre inférieur à 1 nm, en sachant qu'il faut aligner environ 10 atomes d'hydrogène pour obtenir une ligne de 1 nm de long. Il y a d'autres atomes plus grands que les atomes d'hydrogène, mais dont le diamètre est encore plus petit que 1 nanomètre. Un virus type mesure environ 100 nm de diamètre et une bactérie, près de 1 000 nm de long. Les nouveaux instruments d'optique qui nous ont permis d'observer l'univers autrefois invisible de l'échelle nanométrique sont le microscope à forces atomiques et le microscope électronique à balayage.

◆ **Microscope électronique à balayage**

Le microscope électronique à balayage est un type de microscope électronique particulier qui produit des images de la surface d'un échantillon en balayant celle-ci ligne par ligne au moyen d'un puissant faisceau d'électrons. Le balayage ligne par ligne consiste à découper une image en une série de bandes (en général, horizontales) appelées « lignes de balayage ». Les électrons entrent en interaction avec les atomes de l'échantillon et produisent des signaux qui renvoient des informations sur la forme et la composition de la surface et même sur sa capacité à conduire l'électricité. L'image de droite est celle du pollen provenant de diverses plantes communes, grossi environ 500 fois. Elle a été prise à l'aide d'un microscope électronique à balayage au centre de microscopie électronique à balayage de Dartmouth College, dans le New Hampshire, aux Etats-Unis. D'autres images sont disponibles sur www.dartmouth.edu/~emlab/gallery.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Pour les élèves : Qu'est-ce que l'effet hydrophobe ?

Le terme « hydrophobe » vient du grec « hydro » (eau) et « phobos » (peur). On peut faire une démonstration de l'effet hydrophobe en essayant de mélanger de l'huile et de l'eau. On le voit également si l'on observe les gouttes d'eau qui se forment sur les feuilles de certaines plantes et sur les pétales de certaines fleurs après une averse. Les propriétés hydrofuges des feuilles proviennent parfois d'un revêtement cireux, ou de l'existence de minuscules aspérités à la surface qui créent une poche d'air entre elles, empêchant ainsi la pénétration de l'eau.

◆ Surfaces superhydrophobes

Les surfaces superhydrophobes comme celles des feuilles de lotus sont extrêmement hydrophobes, c'est-à-dire très difficiles à humidifier. L'angle de contact d'une goutte d'eau est supérieur à 150° et l'angle de roulement est inférieur à 10°. C'est ce que l'on appelle l'effet lotus, illustré à droite.

◆ Applications pour les tissus

Souhaitant tirer parti de l'effet hydrophobe, les chercheurs et ingénieurs ont décidé d'appliquer les nanotechnologies aux surfaces de tissus afin de les rendre hydrofuges. Par ailleurs, ces propriétés hydrofuges contribuent souvent à protéger les tissus contre les taches puisque les liquides ne peuvent plus imprégner les fibres textiles. Les travaux réalisés par l'entreprise Nano-Tex illustrent bien cette application. En effet, ils ont ajouté des « filaments » nano aux fibres de coton pour simuler l'action des minuscules aspérités ou « poils » qui recouvrent les feuilles de certaines plantes. L'obtention de cet effet pour le tissu est un peu délicate. En effet, une fibre de coton ayant une forme similaire à un cylindre rond, Nano-Tex a ajouté de minuscules « filaments » nano tout autour de chaque cylindre afin de leur conférer une surface duveteuse. Cela ne modifie en rien l'aspect ni le toucher du tissu, mais lui confère en revanche des propriétés hydrofuges. De plus, dans la mesure où les liquides n'imprègnent pas le tissu, celui-ci devient résistant aux taches. Nano-Tex utilise les nanotechnologies pour : 1) concevoir des molécules dotées d'attributs de performance particuliers ; 2) faire en sorte que les molécules s'assemblent sur la surface des fibres textiles avec une extrême précision et 3) garantir que les molécules s'attachent définitivement aux fibres grâce à une technologie de liaison brevetée. Si les molécules n'étaient pas définitivement fixées aux fibres, le tissu perdrait ses propriétés hydrofuges après plusieurs lavages en machine. Plus de 80 usines de textile du monde entier utilisent les technologies de Nano-Tex dans la fabrication de produits vendus par plus d'une centaine de marques de vêtements et de sociétés de design d'intérieur commercial. Ceci n'est qu'un exemple de l'application des nanotechnologies dans un secteur d'activité pour résoudre certains problèmes. Pour obtenir d'autres exemples, rendez-vous sur www.trynano.org.

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Activité pour les élèves : Mettre au point une méthode d'imperméabilisation

Vous êtes une équipe d'ingénieurs chargés de mettre au point une nouvelle méthode pour imperméabiliser des vêtements. Plusieurs échantillons de coton vous ont été remis, ainsi qu'un vaste choix de matériaux que vous pouvez utiliser pour réaliser votre projet. Pour les besoins de cet exercice, « imperméabiliser » signifie que l'eau ne doit pas être absorbée par le tissu, mais perler à la surface. Vous pouvez essayer deux ou trois solutions différentes et voir laquelle fonctionne le mieux !

◆ Phase de planification

Réunissez-vous en équipe pour discuter du problème que vous devez résoudre. Dans l'encadré ci-dessous, décrivez votre solution et notez les matériaux dont vous pensez avoir besoin pour réaliser cette activité. Expliquez pourquoi vous pensez que votre solution résoudra le problème !

Tissu A Votre plan et votre hypothèse : Matériaux nécessaires :
Tissu B Votre plan et votre hypothèse : Matériaux nécessaires :
Tissu C Votre plan et votre hypothèse : Matériaux nécessaires :

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Activité pour les élèves : Mettre au point une méthode d'imperméabilisation (suite)

◆ **Phase de fabrication**
Mettez à exécution chacun de vos plans (n'oubliez pas de marquer chaque échantillon de tissu pour savoir quelle méthode vous avez appliquée).

◆ **Phase de recherche**
Si vous disposez d'un microscope, examinez chaque échantillon de tissu et, dans le tableau ci-dessous, décrivez ce que vous voyez en annotant à la fois vos observations et les différences relevées entre tous les échantillons. Vous aurez également l'occasion d'examiner un échantillon de tissu ayant subi des altérations à l´échelle nano ! Notez si les surfaces apparaissent lisses, irrégulières, convexes, concaves ou présentent toute autre caractéristique.

Observations de la surface			
Tissu A	Tissu B	Tissu C	Tissu nano

◆ **Phase d'essai**
Au-dessus d'une bassine ou d'un évier, versez de l'eau sur votre échantillon de tissu pour voir si elle perle sur la surface ou si elle est absorbée. Si votre enseignant est d'accord, utilisez de l'eau colorée ou du jus de fruit pour voir plus facilement si l'eau est absorbée. Notez vos observations ci-dessous.

Observations du test de l'eau			
Tissu A	Tissu B	Tissu C	Tissu nano

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Activité pour les élèves :
Mettre au point une méthode d'imperméabilisation (suite)

◆ **Phase d'évaluation**
Répondez aux questions suivantes en groupe :

1. L'un de vos échantillons de tissu s'est-il avéré hydrofuge ?

Si oui, quelle méthode vous a paru la plus appropriée ? Pour quelle raison ?
Si non, comment expliquez-vous cet échec ?

2. Parmi les solutions retenues par les autres équipes, laquelle avez-vous trouvé la plus ingénieuse ? Pour quelle raison ?

3. Que pensez-vous qu'il se passerait si vous laviez et séchiez votre tissu ? Conserverait-il ses propriétés hydrofuges ?

4. Quelle observation vous a le plus surpris pendant l'examen comparatif au microscope (si vous avez réalisé cet exercice) ?

5. Quels résultats avez-vous obtenus avec le tissu nano par rapport à votre échantillon de tissu le plus performant lors du test de l'eau ?

6. Quels résultats avez-vous obtenus avec le tissu nano par rapport à votre échantillon de tissu le plus performant lors de l'examen au microscope ?

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.

Activité pour les élèves :
Mettre au point une méthode d'imperméabilisation (suite)

7. Si vous deviez tout recommencer, votre équipe aborderait-elle différemment ce projet ? Pour quelle raison ?

8. Pensez-vous que les ingénieurs en matériaux aient à adapter leurs concepts d'origine pendant la phase d'essai des produits ? Si oui, pour quelle raison ?

9. Pensez-vous que de nombreuses solutions différentes de la classe aient atteint l'objectif du projet ? Quels enseignements tirez-vous sur la façon dont les équipes d'ingénieurs remédient aux problèmes dans la réalité ?

10. Pensez-vous que vous auriez pu réaliser ce projet plus facilement si vous aviez travaillé seul ? Développez…

11. Connaissez-vous d'autres applications dans lesquelles il serait possible de modifier une surface à l'échelle nano afin d'améliorer son fonctionnement ou ses performances ? Vous pouvez, par exemple, revêtir les pare-brises pour faciliter l'écoulement de l'eau...avez-vous d'autres idées ?

Elaboré par IEEE dans le cadre de TryEngineering www.tryengineering.org
© 2018 IEEE – All rights reserved.
Use of this material signifies your agreement to the IEEE Terms and Conditions.