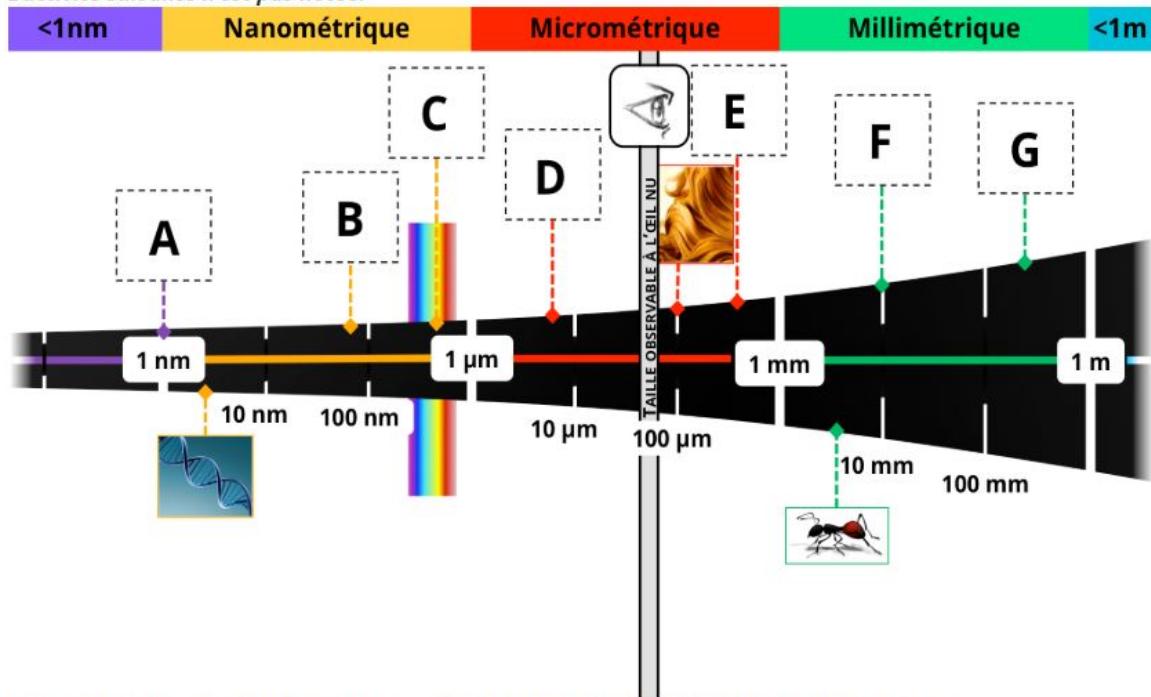


MOOC NANOTECHNOLOGIES

1.1

L'activité suivante n'est pas notée.



Pour chaque image, retrouvez où se situe l'objet correspondant dans l'échelle ci-dessus.



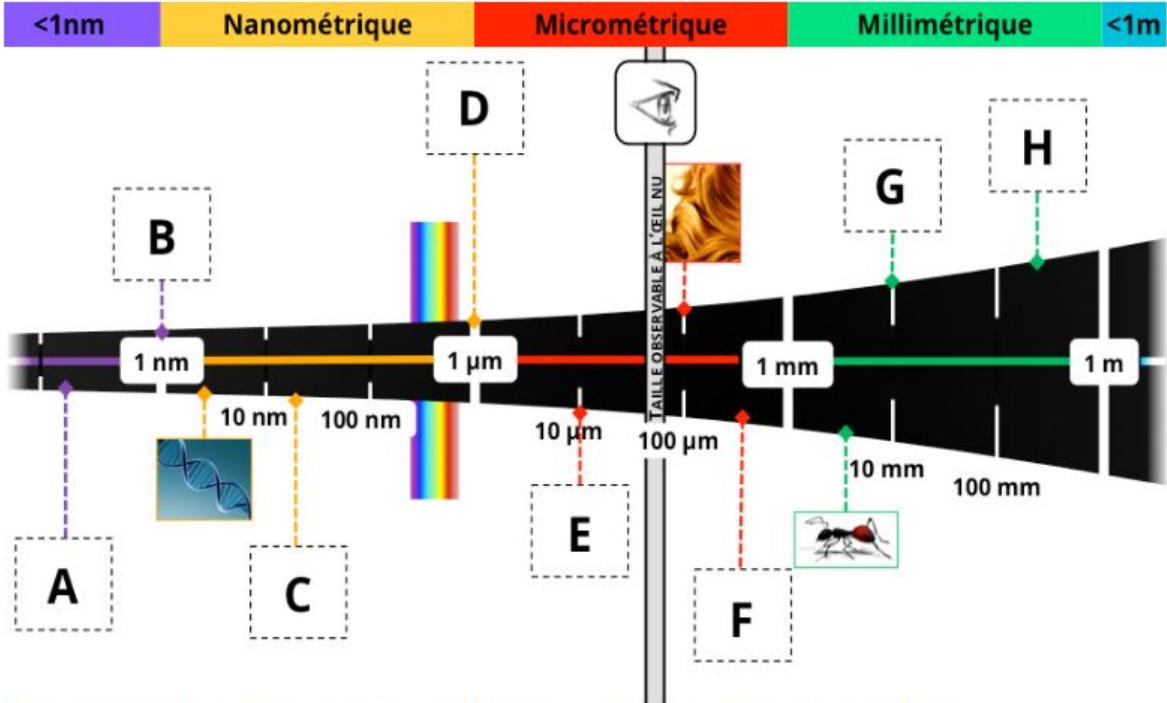
La bactérie est en ✓



Le virus est en ✓



La cellule est en ✓



Pour chaque image, retrouvez où se situe l'objet correspondant dans l'échelle ci-dessus.



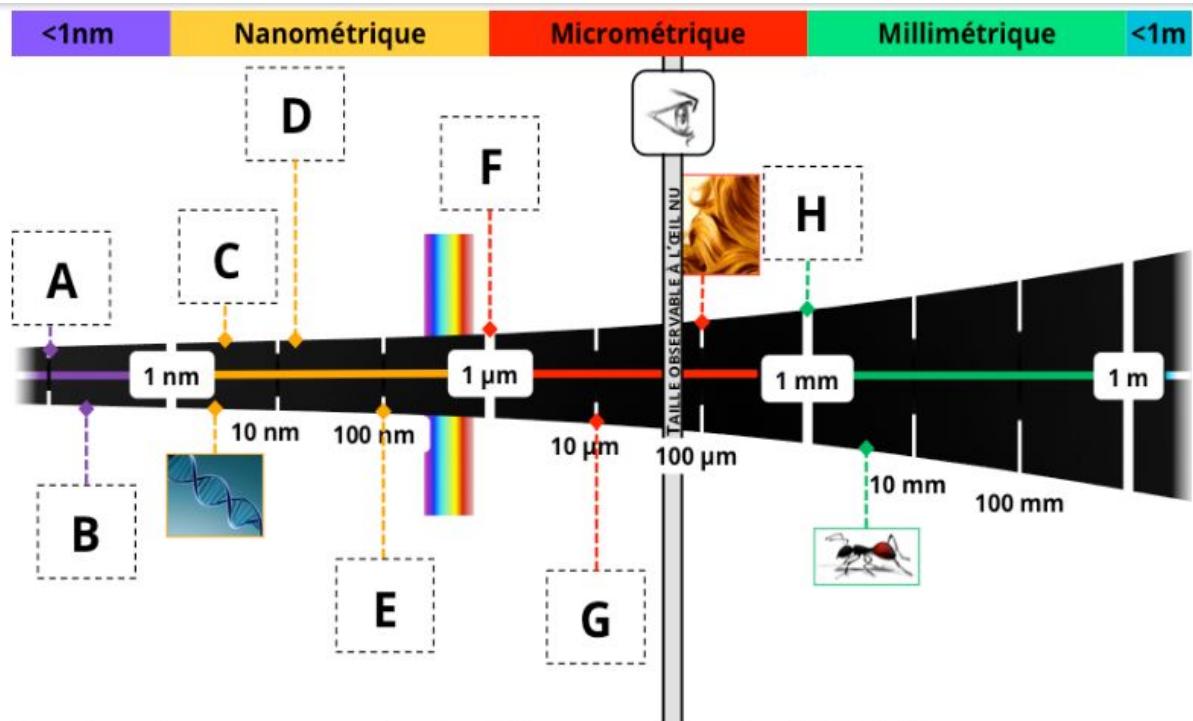
Le grain de sable est en : ✓



Le processeur est en : ✓



Le transistor est en : ✓



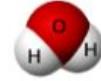
Pour chaque image, retrouvez où se situe l'objet correspondant dans l'échelle ci-dessus.



L'atome d'hydrogène est en : A ▼ ✓



La nanoparticule est en : D ▼ ✓



La molécule d'eau est en : B ▼ ✓



Le diamètre du nanotube de carbone est en : C ▼ ✓

1.2

1 - Les nanotechnologies sont intéressantes parce que :

- Elles permettent de réaliser des dispositifs qui agissent au niveau des noyaux atomiques et en particulier de transmuter des métaux.
- Elles permettent de réaliser des dispositifs qui agissent au niveau des cellules. ✓
- On pourra dans un avenir proche les mettre en œuvre pour réaliser des calculateurs performants.

2 - Dans les conducteurs, la résistance électrique est due aux collisions que subissent les électrons dans la matière. A la température ambiante, la distance moyenne parcourue par un électron entre deux collisions est de l'ordre de :

- Un millième de mètre
- Un millionième de mètre
- Un milliardième de mètre ✓

3 - Si on coupe un cube de un centimètre de côté en tous petits cubes de un nanomètre de côté, les surfaces additionnées de tous ces cubes représentent :

- La surface d'un timbre-poste
- La surface d'un maillot de joueur de football
- La surface d'un terrain de football ✓
- La surface de la Terre

1.3

1 - La mécanique quantique intervient : (2 réponses)

- Pour décrire le spectre de la lumière émise par un atome
- Pour expliquer la structure d'une étoile à neutron
- Pour expliquer la gravitation

✓

2 - Pour expliquer les couleurs variées de petites « boîtes quantiques » on peut faire l'analogie avec :

- Des tuyaux d'orgues. ✓
- La physique de l'arc en ciel.
- L'effet tunnel.

1.4

1 - Pourquoi l'eau bout elle à 100°C à pression atmosphérique ?

- Cela est dû à la présence de liaisons hydrogènes dans les molécules d'eau
- Cela est dû à la présence de liaisons hydrogènes entre les molécules d'eau ✓
- L'eau a un haut poids moléculaire qui limite son évaporation

2 - Qu'est ce qu'une protéine dénaturée ?

- Une protéine produite artificiellement qui n'existe pas dans la nature.
- Une protéine détruite sous l'action de la chaleur.
- Une protéine ayant perdu son activité du fait de la chaleur. ✓

3 - Une liaison covalente entre deux atomes d'une même molécule est dûe :

- A l'attraction gravitationnelle entre les deux noyaux car elle est intense à de si petites distances.
- A l'attraction entre les neutrons qui composent les deux noyaux.
- A un partage d'électrons entre ces deux atomes. ✓

1.5

1 - Les nanoparticules : (2 réponses)

- Des nanoparticules peuvent être créées par des éruptions volcaniques.
- Certains objets datant du moyen âge en contiennent.
- Elles ont pu être fabriquées par l'homme que récemment au prix de grandes prouesses technologiques. Depuis elles se sont rapidement répandues.



> 2 - Les méthodes de fabrication :

- La méthode bottom-up consiste à assembler des atomes ou des molécules en assemblages nanométriques.
- La méthode top-down, fait le contraire. On désassemble des nanoobjets en atomes.
- La méthode bottom-up permet de fabriquer des microprocesseurs.
- La méthode top-down est couramment mise en œuvre par le vivant pour assembler des protéines.

1.6

1 - Quelques jalons :

- La représentation de l'atome moderne s'est construite au début du dix-neuvième siècle avec la théorie atomique de Dalton qui a découvert l'électron.
- Le microscope à effet tunnel a été découvert dans les années 1950 par le physicien américain James W Tunnel.
- Le discours de Feynman « il y a de la place tout en bas » date de 1959, bien avant qu'on parle de nanotechnologies. ✓

2 - Du réel à l'imaginaire :

- Les nano-machines telles que prédites par Drexler en 1986 ont été fabriquées peu après.
- Les nanoparticules sont systématiquement plus petites que les molécules et peuvent donc être plus toxiques.
- Les nanoparticules sont encore peu répandues dans les produits du quotidien.
- Aucune des affirmations ci-dessus n'est correcte. ✓

eval 1 :

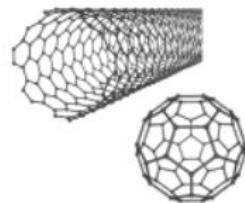
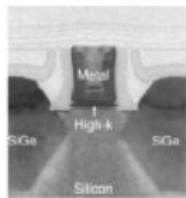
1 - Combien y a-t-il de nanomètres (nm) dans un mètre ? (indiquer le résultat en chiffres)

1E9



1×10^9

2 - Attribuer à chaque objet l'échelle de longueur la plus proche parmi : 0-10 nm, 10-100 nm, 100-1000 nm.



A - Un transistor de microprocesseur B - Une Bactérie C - Un fullerène

Image A : 10-100 nm ✓

Image B : 100-1000 nm ✓

Image C : 0-10 nm ✓

3 - Attribuer à chaque objet une catégorie parmi : nano-objet naturel, nano-objet artificiel, nano-objet fabriqué non intentionnellement, je ne peux pas répondre

A - Une molécule d'hémoglobine :

naturel / natural ✓

B - Particule ultrafine émise par la combustion dans un moteur :

fabriqué non intentionnellement / manufactured unintentionally ✓

C - Un transistor de microprocesseur : artificiel / artificial ✓

D - Une nanoparticule dans une confiserie : je ne peux pas répondre / I cannot answer ✓

4 - Classez ces liaisons chimiques par ordre de force décroissante :

La force de la liaison covalente / covalent ✓ est plus grande que celle de la liaison

hydrogène / hydrogen ✓ qui est elle-même plus grande que celle de la liaison

de type Van der Waals / Van der Waals ✓ .

2.1

1 - La réalisation « d'objets » par la méthode « bottom-up » se retrouve dans : (3 réponses)

- Le travail du maçon
- Le travail du sculpteur
- L'appariement des brins d'ADN
- Le travail d'architecte
- Le dépôt de couches atomiques, couche par couche
- La gravure de circuits électroniques

✓

2MI

1 - D'après les lois de la physique quantique, la longueur d'onde d'un électron :

- diminue si la quantité de mouvement de l'électron augmente ✓
- diminue si la quantité de mouvement de l'électron diminue
- n'est pas un concept pertinent
- ne varie pas en fonction de la quantité de mouvement de l'électron

2 - La résolution spatiale en microscopie électronique est supérieure à celle du microscope optique parce que :

- le microscope électronique n'utilise pas de système de lentilles
- le microscope électronique utilise des détecteurs plus performants que les microscopes optiques
- la longueur d'onde des électrons est plus petite que celle des photons du domaine visible ✓

3 - L'effet tunnel est un effet physique purement classique :

- vrai
- faux ✓

1 - Les microscopes électroniques à balayage permettent d'observer la surface d'un échantillon en utilisant :

- la rétrodiffusion des électrons et l'émission d'électrons secondaires à partir de l'échantillon ✓
- le processus de diffusion inélastique des électrons à travers l'échantillon

2 - Les principes de formation de l'image d'un microscope électronique à transmission et d'un microscope optique sont identiques.

- vrai ✓
- faux

3 - Le microscope électronique à transmission nécessite l'utilisation d'échantillons :

- métalliques
- amincis ✓

4 - La microscopie électronique en transmission permet d'atteindre la résolution atomique en image ?

- vrai ✓
- faux

1 - STM est un acronyme qui veut dire en français :

- le microscope à effet transistor
- le microscope tunnel à sonde
- le microscope à effet tunnel ✓
- le microscope à sonde locale
- le transistor semiconducteur-métal

2 - Quand un électron traverse une barrière de potentiel par effet tunnel :

- il gagne de l'énergie (un apport est nécessaire)
- il perd de l'énergie (son énergie est moindre, une fois de l'autre côté de la barrière)
- son énergie ne change pas ✓

3 - Plus la distance entre la pointe et l'échantillon est grande, plus il y a de courant tunnel.

- vrai
- faux ✓

4 - La densité d'états électroniques est :

- la charge volumique.
- la densité électronique.
- le nombre d'états électroniques qui existe dans un intervalle infinitésimal d'énergie dE (par unité de volume). ✓
- le nombre d'électrons par unité de volume.

1 - AFM est un acronyme qui veut dire en français :

- le microscope de force à l'air
- le microscope à force attractive
- le microscope aux fins ambiantes
- le microscope à force nucléaire
- le microscope à force atomique ✓

2 - Plus la taille « effective » de la pointe est petite, plus la résolution est bonne.

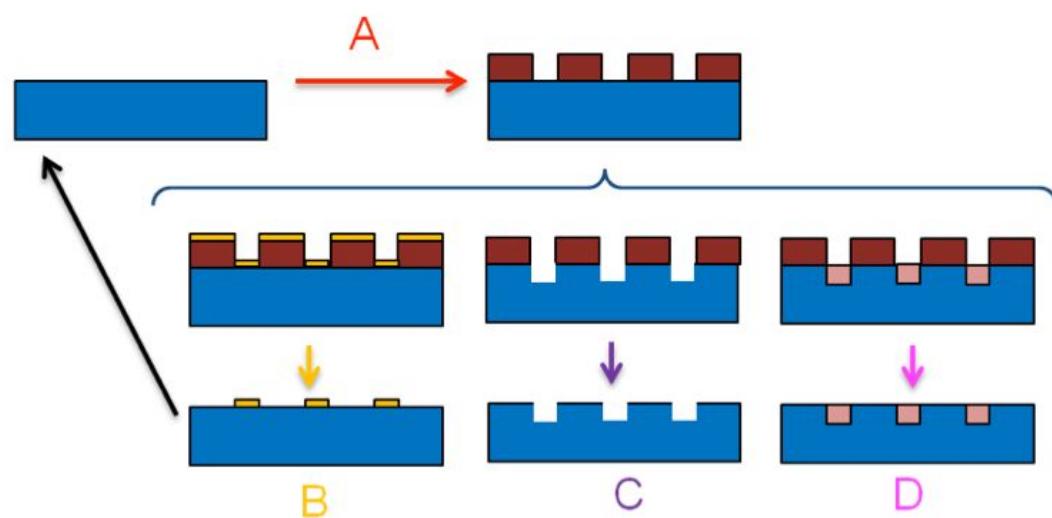
- vrai ✓
- faux

2AD

1 - Quel est en ordre de grandeur le nombre de transistors dans un processeur d'ordinateur ?

- un million
- un milliard ✓
- mille milliard

2 - Pour concevoir un composant à l'échelle nanométrique, il faut enchaîner quatre procédés un grand nombre de fois. Associer à chaque lettre de procédé son nom.



Etape A :

- Dépôt
- Dopage
- Gravure
- Lithographie ✓

Etape A :

<input type="radio"/> Dépôt	<input type="radio"/> Dopage	<input type="radio"/> Gravure	<input checked="" type="radio"/> Lithographie ✓
-----------------------------	------------------------------	-------------------------------	---

Etape B :

<input checked="" type="radio"/> Dépôt ✓	<input type="radio"/> Dopage	<input type="radio"/> Gravure	<input type="radio"/> Lithographie
--	------------------------------	-------------------------------	------------------------------------

Etape C :

<input type="radio"/> Dépôt	<input type="radio"/> Dopage	<input checked="" type="radio"/> Gravure ✓	<input type="radio"/> Lithographie
-----------------------------	------------------------------	--	------------------------------------

Etape D :

<input type="radio"/> Dépôt	<input checked="" type="radio"/> Dopage ✓	<input type="radio"/> Gravure	<input type="radio"/> Lithographie
-----------------------------	---	-------------------------------	------------------------------------

1 - Les transistors MOS comportent un empilement de couches minces de différents matériaux. Que signifient les initiales M.O.S. ?

- Materiaux Oxydés et Semiconducteurs
- Métal Oxyde Silicium
- Métal Oxyde Semiconducteur ✓
- Magnesium Oxyde Silicium

2 - Quel matériau semiconducteur est largement utilisé en microélectronique et sert de substrat (ou wafer) pour les dépôts des couches minces constituant les transistors ?

- Aluminium
- Carbone
- Silicium ✓
- Titane

3 - Dans le cas des méthodes de dépôt chimique en phase vapeur, les atomes à déposer sont introduits directement :

- sous forme de précurseurs gazeux, qui se condensent sur le substrat sans réaction chimique pour former une couche mince.
- sous forme de précurseurs gazeux, qui réagissent chimiquement à la surface du substrat pour former une couche mince. ✓
- sous forme de solide dont les atomes passent ensuite en phase vapeur et réagissent chimiquement à la surface du substrat pour former une couche mince.
- sous forme de solide dont les atomes passent ensuite en phase vapeur et se condensent sur le substrat sans réaction chimique pour former une couche mince.

1 - Quel est l'objectif des étapes de lithographie dans la fabrication d'un transistor ?

- Eliminer des portions de wafer
- Définir les zones du wafer à modifier lors de l'étape de transfert ✓
- Déposer un film organique à la surface du wafer
- Graver le silicium
- Déposer un film métallique

2 - Lors d'un procédé de lithographie optique, quels outils vont permettre de définir les motifs sur le wafer ? (2 réponses)

- Le masque
- L'aligneur
- La diffraction
- L'exposition
- Le transfert

1 - La fabrication de la grille d'un transistor MOS se fait en cinq étapes. Donnez le bon ordre chronologique du déroulement de ces étapes parmi les quatre ordres proposés :

- 1. Dépôt d'une couche mince isolante (SiO_2 , high-k.) ; 2. Lithographie de la grille ; 3. Dépôt d'une couche mince de Si poly-cristallin ; 4. Développement de la résine ; 5. Gravure de l'empilement de grille.
- 1. Dépôt d'une couche mince isolante (SiO_2 , high-k.) ; 2. Dépôt d'une couche mince de Si poly-cristallin ; 3. Lithographie de la grille ; 4. Développement de la résine ; 5. Gravure de l'empilement de grille. ✓
- 1. Lithographie de la grille ; 2. Développement de la résine ; 3. Gravure de l'empilement de grille ; 4. Dépôt d'une couche mince isolante (SiO_2 , high-k.) ; 5. Dépôt d'une couche mince de Si poly-cristallin. ✗
- 1. Lithographie de la grille ; 2. Développement de la résine ; 3. Dépôt d'une couche mince de Si poly-cristallin ; 4. Dépôt d'une couche mince isolante (SiO_2 , high-k.) ; 5. Gravure de l'empilement de grille

2 - La fabrication des contacts métalliques (drain, source) de chaque transistor MOS d'un circuit intégré et des connexions entre transistors se fait en 4 étapes. Donnez le bon ordre chronologique du déroulement de ces étapes parmi les trois ordres proposés :

1. Dépôt des contacts métalliques ; 2. Implantation des dopants ; 3. Recuit d'activation des dopants ; 4. Réalisation des interconnexions.

1. Dépôt des contacts métalliques ; 2. Réalisation des interconnexions ; 3. Implantation des dopants ; 4. Recuit d'activation des dopants.

1. Implantation des dopants ; 2. Recuit d'activation des dopants ; 3. Dépôt des contacts métalliques ; 4. Réalisation des interconnexions ✓

3 - La gravure RIE (Reactive Ion Etching) combine les caractéristiques de la gravure physique et de la gravure chimique :

- Fort taux de gravure, surface rugueuse, économique, en phase liquide, sous-gravure

- Faible taux de gravure, profil anisotrope, surface lisse, faible sélectivité

- Fort taux de gravure, profil anisotrope, surface lisse, faible sélectivité

- Fort taux de gravure, profil anisotrope, surface rugueuse, forte sélectivité ✓

- Faible taux de gravure, surface lisse, économique, en phase liquide, dangereuse

2AA

1 - Quelles liaisons chimiques demandent le plus d'énergie pour être brisées dans la double hélice de l'ADN ?

- Les liaisons hydrogène qui permettent l'appariement des deux brins d'ADN
- Les liaisons ioniques qui interviennent dans le repliement de l'ADN
- Les liaisons covalentes entre atomes des chaînes polymères de l'ADN ✓
- Les liaisons van der Waals qui interviennent dans le repliement de l'ADN

2 - Une molécule amphiphile est le constituant principal des amphibiens :

- vrai
- faux ✓

3 - Dans une micelle :

- Les parties hydrophobes se repoussent les unes des autres
- Les parties hydrophobes se regroupent entre elles ✓
- Des parties hydrophiles n'apparaissent que dans les micelles inverses

1 - Quelles sont les principales difficultés d'utiliser l'auto-assemblage dans la fabrication industrielle d'objets ? (2 réponses)

- Le manque de stabilité des molécules auto-assemblées
- Les chaines d'atomes de carbone présentes dans les molécules auto-assemblées
- La petite taille des molécules auto-assemblées



2 - Un copolymère à blocs est : (2 réponses)

- Un polymère extrait de blocs de matériaux plastiques
- Un copolymère constitué de l'enchainement linéaire de blocs homogènes formés par l'association d'un même monomère
- Un polymère formé par chauffage à des températures extrêmes
- Un polymère qui peut présenter des segments hydrophiles et des segments hydrophobes



evaluation 2

1.1 - Le microscope électronique, contrairement au microscope optique (photonique), n'utilise pas de système de lentilles pour former une image de l'échantillon.

vrai

faux



1.2 - La microscopie électronique tout comme la microscopie à sonde locale (STM, AFM) s'appuie sur des lois de la physique classique.

vrai

faux



1.3 - Quelles sont les caractéristiques communes entre un microscope à effet tunnel (STM) et un microscope électronique à balayage (MEB) ?

Les deux types de microscopes n'utilisent pas de système de lentilles

Les deux types de microscopes nécessitent le recours à un système de balayage pour l'acquisition d'une image



Les deux types de microscopes requièrent des échantillons minces

Les deux types de microscopes permettent de sonder la matière à l'échelle atomique

1.4 - On peut imager des isolants (à l'air ou sous vide) avec un AFM, mais pas avec un STM.

vrai

faux

1.5 - Avec un AFM, on mesure une force plutôt qu'un courant entre la pointe et l'échantillon.

vrai



faux

1.6 - En AFM, la pointe ne "touche" pas l'échantillon, contrairement au STM où la pointe doit "toucher" l'échantillon pour faire passer un courant.

vrai



faux



1.7 - Il est plus rapide de réaliser une image en STM qu'en microscopie optique.

vrai



faux



1.8 - J'utilise un STM sous vide et à basse température et je balaye une région de l'échantillon qui fait 100 nm x 100 nm. Pour que l'image ne prenne pas trop de temps, chaque ligne de l'image a 100 pixels. Vais-je pouvoir distinguer des atomes ?

oui



non



1.9 - Que voit-on dans ces images STM ? La topographie, la densité d'états électroniques ou à la fois la topographie et la densité d'états électroniques? Répondez pour chaque image : (vous avez droit à un indice)

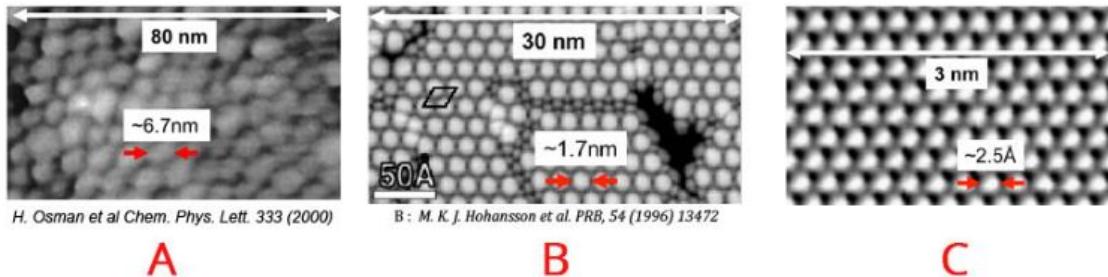


Image A :

- | | | |
|-------------------------------------|---|--|
| <input type="radio"/> Topographie ✓ | <input type="radio"/> Topographie & densité d'états électroniques | <input type="radio"/> La densité d'états électroniques |
|-------------------------------------|---|--|

Image B :

- | | | |
|-------------------------------------|---|--|
| <input type="radio"/> Topographie ✓ | <input type="radio"/> Topographie & densité d'états électroniques | <input type="radio"/> La densité d'états électroniques |
|-------------------------------------|---|--|

Image C :

- | | | |
|-----------------------------------|---|---|
| <input type="radio"/> Topographie | <input type="radio"/> Topographie & densité d'états électroniques | <input checked="" type="radio"/> La densité d'états électroniques ✓ |
|-----------------------------------|---|---|

2.1 - Comment est constitué le transistor MOS ? (2 réponses correctes)

- | |
|--|
| <input type="radio"/> Le transistor MOS est constitué d'un canal semiconducteur entre deux réservoirs : la source d'où sont émis les porteurs de charge et le drain qui les collecte. ✓ |
| <input type="radio"/> Le transistor MOS est constitué d'un canal conducteur dans lequel les porteurs de charge sont plus ou moins accélérés suivant la tension appliquée sur la grille. |
| <input type="radio"/> Le transistor MOS est constitué d'un canal semiconducteur où les porteurs de charge sont induits par la tension appliquée sur la grille, laquelle est isolée du canal par une fine couche d'isolant. |

Matériaux 1:

- Substrat en verre
- Substrat en silicium monocristallin ✓
- Substrat métallique

Matériaux 2:

- Semiconducteur de type P
- Isolant
- Semiconducteur de type N ✓

Matériaux 3:

- Couche isolante ✓
- Couche conductrice
- Couche semiconductrice

Matériaux 4:

- Couche conductrice ✓
- Couche isolante

Matériaux 5:

- Couche conductrice ✓
- Couche isolante

2.3 - L'arrangement des atomes dans une couche mince cristalline peut être étudié par :(2 réponses)

- ellipsométrie
- spectroscopie
- diffraction de rayons X
- microscopie électronique à transmission



2.4 - Le principal phénomène physique qui limite la résolution de la lithographie optique est le phénomène de :

- Diffraction de la lumière ✓
- Gravure des dispositifs
- Réflexion de la lumière
- Solubilité de la résine

2.5 - Quelle est la finalité d'un procédé de lithographie ?

- Avoir un masque de lithographie parfait
- Avoir un motif en résine de la taille désirée
- Avoir un motif transféré de taille et géométrie désirés ✓
- Trouver la bonne dose
- Réussir à obtenir le motif en résine

2.6 - Associer chacune des propriétés de gravure à une des images ci-dessus :

Gravure anisotrope et peu/pas sélective : ✓

Gravure sélective et isotrope : ✓

Gravure anisotrope suivie d'une gravure isotrope : ✓

2.7 - Le phosphore (P) est un atome communément utilisé pour doper le Si en électrons. Lesquelles de ces affirmations sont vraies ? (3 réponses)

- Les atomes de P qui agissent comme des défauts et augmentent la résistance électrique sont en substitution
- Le nombre maximum d'électrons de conductions qu'on peut induire dans le Si par des techniques standard de dopage en phosphore est 1000-10000 fois plus faible que le nombre d'électrons dans un métal
- Le nombre maximum d'électrons de conductions qu'on peut induire dans le Si par des techniques standard de dopage en phosphore est 10-100 fois plus faible que le nombre d'électrons dans un métal
- Les atomes de phosphore responsables de l'ajout d'un électron de conduction dans le Si sont en substitution
- Pour que le phosphore soit un dopant actif, il faut que l'énergie d'implantation soit suffisamment élevée.
- Pour que le phosphore soit un dopant actif, il faut que la température de recuit soit suffisamment élevée.

✓

3.1 - Quelles sont les 3 caractéristiques principales de l'auto-assemblage en milieu naturel ?

Souplesse ✓

Contrainte

Forte énergie

Faible énergie ✓

Réversibilité ✓

Irréversibilité

✓

3.2 - Quelles sont les assertions vraies parmi celles qui suivent ? (2 réponses)

- Le processus d'auto-assemblage conduit à une structure thermodynamiquement stable des objets moléculaires auto-assemblés. ✓
- Les liaisons covalentes sont exclues des objets moléculaires auto-assemblés.
- L'organisation des micelles est un processus différent de l'auto-assemblage.
- La partie hydrophobe d'un tensio-actif est souvent une chaîne aliphatique. ✓

✗

Explication

Chaque objet moléculaire individuel d'un auto-assemblage implique nécessairement des liaisons covalentes pour exister. L'organisation des micelles est bien un processus d'auto-assemblage qui tend à associer entre elles les parties hydrophiles (respectivement hydrophobes) de constituants tensio-actifs. Les assertions 1 et 4 sont vraies.

3.3 - Quelles structures moléculaires auto-assemblées permettent les molécules d'alkane-thiol ?

- A : Une structure tri-dimensionnelle en solution.
- B : Une structure bi-dimensionnelle sur une surface de polymère.
- C : Une structure bi-dimensionnelle sur une surface d'or. ✓

3NC

1 - Classer les différents nano-objets à base de carbone, qui sont présentés dans le cours, selon leur dimensionnalité de 0 à 3 (0= analogue à un atome artificiel, 1= objet unidimensionnel, 2= objet plan, 3= objet tridimensionnel « classique »).

- A - Nanodiamant : ✓
- B - Nanotubes : ✓
- C - Nanofibres : ✓
- D - Graphène : ✓
- E - Noir de carbone : ✓
- F - Carbone activé : ✓
- G - Carbone mésoporeux ordonné : ✓
- H - Fullerène : ✓

1 - Parmi ces affirmations, lesquelles sont vraies ?

- Le nanodiamant est conducteur
- Le graphène est conducteur ✓
- Les nanotubes de carbone sont conducteurs ✓

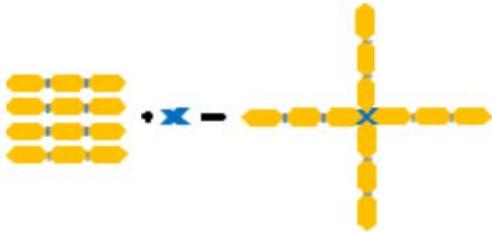
✗

3SN

1 - Il existe deux types de synthèse brique par brique. Le premier est celui de la synthèse linéaire, schématisée ci-dessous.



Le deuxième est schématisé ci-dessous, donnez son nom :



- synthèse convergente ✓
- synthèse divergente
- synthèse par étape

2 - Remplir les trous dans le texte par : l'extérieur / l'intérieur

Pour réaliser une synthèse de nanoparticules de polystyrène en milieu aqueux, on peut utiliser une stratégie de synthèse propre aux milieux confinés. Dans ce cas, on forme des micelles à l'aide d'un tensioactif dont les chaînes alkyles apolaires sont en contact avec

l'intérieur ✓

l'extérieur

des micelles, alors que les têtes polaires sont en contact avec

l'intérieur

l'extérieur ✓

Lorsque l'on ajoute un monomère de type styrène, hydrophobe, celui-ci vient se placer à

l'intérieur ✓

l'extérieur

des micelles. La polymérisation se déroule ensuite à

l'intérieur ✓

l'extérieur

des micelles.

1 - Lors de la synthèse de nanoparticules d'or, il est fait appel à un agent stabilisant pour : (2 réponses)

- Réduire l'Au^{III} en Au⁰
- Contrôler la taille des nanoparticules ✓
- Eviter le contact entre les nanoparticules et le solvant
- Assurer les répulsions entre nanoparticules ✓

✗

Explication

Le stabilisant permet d'assurer des répulsions électrostatiques ou stériques entre nanoparticules, mais sa concentration, et surtout le rapport Au/Stabilisant permet également de contrôler la taille des nanoparticules d'or obtenues.

2 - Lors de la synthèse de nanoparticules d'or, la présence de nanoparticules dans la suspension peut être mise en évidence par : (2 réponses)

- Un changement de couleur du milieu ✓
- La diffusion de la lumière d'un laser dans le milieu ✓
- L'ajout d'un révélateur spécifique
- La filtration du milieu réactionnel

3SP :

1 - La synthèse présentée est effectuée :

- par irradiation micro-ondes
- par irradiation rayon-X
- par précipitation ✓
- par reflux

2 - Comment la taille des particules évolue-t-elle dans le temps ?

- Elle augmente ✓
- Elle diminue
- Elle reste stable

1 - A quoi peut servir l'ajout de nanoparticules de solides poreux dans une membrane polymère ? (2 réponses)

- A - Améliorer la sélectivité d'adsorption du polymère ✓
- B - Rendre plus souple la membrane
- C - Rendre plus stable la membrane ✓

✗

Explication

A : un composé poreux est sélectif et donc généralement améliore celle du polymère.

B : le solide poreux est rigide contrairement au polymère.

C : la rigidité du solide poreux permet à la membrane d'être plus résistante à la pression de gaz.

2 - Des nanoparticules de solides poreux sont ajoutées dans une membrane polymère pour faciliter sa fabrication

- Vrai
- Faux ✓

1 - Choisissez la bonne phrase:

- Le film mince est obtenu à partir d'une solution contenant des particules. ✓
- Le film mince est obtenu à partir d'une solution contenant des précurseurs de synthèse

- Le film est obtenu par trempage-retrait. L'épaisseur du film est influencée par la vitesse de trempage

- Le film est obtenu par trempage-retrait. L'épaisseur du film est influencée par la vitesse de retrait ✓

- Pour obtenir des films de qualité, il faut utiliser des suspensions épaisses

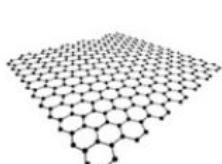
- Pour obtenir des films de qualité, il faut utiliser des suspensions stables ✓

évaluation 3

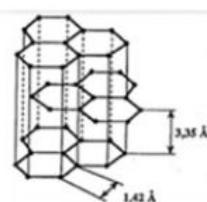
1 - Associer les structures des carbones à leur nom :



A



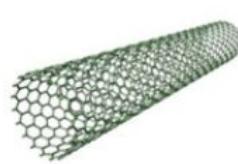
B



C



D



E

- Diamant : D ✓ Fullerène C60 : A ✓ Graphène : B ✓ Nanotube de carbone : E ✓
Graphite : C ✓

2 - Choisissez le bon terme dans chaque liste déroulante.

L'hybridation sp₂ ou sp₃ a des conséquences importantes sur les propriétés des différentes formes du carbone.

L'hybridation sp₂ ✓ des carbones dans le graphène est responsable de sa forme plane.

La délocalisation des électrons π ✓ dans les nanotubes de carbone est responsable de la conductivité électrique des nanotubes de carbone.

L'hybridation sp₂ ✓ des carbones dans les nanotubes génère des liaisons double(s) ✓ entre les atomes de carbone, ces liaisons σ + π ✓ confèrent aux nanotubes des propriétés mécaniques formidables.

La structure tridimensionnelle des nanodiamonds est une conséquence de l'hybridation sp₃ ✓ des orbitales atomiques des atomes de carbone.

3 - Comment est-il possible qu'un fullerène soit rond ? (2 réponses)

- Parce qu'il est composé uniquement de carbones sp²
- Parce qu'il est composé principalement de carbones sp² mais aussi de carbones sp³
- Parce qu'il est composé d'hexagones courbes
- Parce que il est composé d'hexagones mais aussi de pentagones



4 - Quelles sont les spécificités de la méthode de synthèse CVD utilisée pour la synthèse de nanotubes de carbone ? (2 réponses)

- A - Cette méthode permet la synthèse de nanotubes de très bonne qualité structurale mais contenant une quantité significative de sous-produits.
- B - Cette méthode est « simple » de mise en œuvre et permet la synthèse en masse de nanotubes sur différents types de supports ou directement en phase gazeuse.
- C - Cette méthode est opérée à haute température et repose sur la sublimation de graphite.
- D - Cette méthode permet de contrôler l'arrangement et la taille des nanotubes ainsi que d'éviter la formation de sous-produits. Elle est facilement transposable à grande échelle.



5 - Préciser parmi les affirmations suivantes, relatives à la vidéo sur le capteur, lesquelles sont vraies. (3 réponses)

- A-Les groupements acides carboxyliques greffés sont des complexants des cations métalliques.
- B-La couche greffée à l'électrode permet d'augmenter la sélectivité de l'électrode.
- C-La couche greffée à l'électrode permet d'augmenter la sensibilité de l'électrode.
- D-Le potentiel du pic de détection est proportionnel à la concentration en Pb²⁺ présent à la surface de l'électrode greffée.
- E-L'intensité du pic de détection est proportionnel à la concentration en Pb²⁺ présents à la surface de l'électrode greffée.



6 - Synthèse brique par brique, ou auto-assemblage ?

Dans une protéine, la structure linéaire est due à un enchaînement d'acides aminés formé par :

- synthèse brique par brique ✓

- auto-assemblage

tandis que la structure tridimensionnelle résulte des interactions entre acides aminés correspondant à:

- une synthèse brique par brique

- un auto-assemblage ✓

7 - Lors d'une synthèse de nanoparticules d'or (Au) et pour une quantité de stabilisant fixée au départ, si le ratio Au/stabilisant augmente ? (3 réponses)

- Les nanoparticules sont plus nombreuses

- Les nanoparticules sont moins nombreuses

- Le rapport surface sur volume des nanoparticules augmente

- Le rapport surface sur volume des nanoparticules diminue

- Les nanoparticules sont plus grosses

- Les nanoparticules sont plus petites



8 - A quoi peut être liée la coloration des suspensions de nanoparticules d'or : (3 réponses)

- à la nature chimique des nanoparticules

- à la taille des nanoparticules

- à la présence d'un champ magnétique

- à la forme des nanoparticules

- à l'irradiation par un laser



9 - Quelle est la taille des pores des solides mesoporeux ?

- < 2 nm
- entre 2 nm et 50 nm ✓
- > 50 nm

10 - A proportion d'air dans le matériau fixée, plus le diamètre des pores est petit, plus la surface spécifique du solide est grande.

- Vrai ✓
- Faux

11 - Les solides poreux n'ont pas encore d'applications industrielles.

- Vrai
- Faux ✓

evaluation bonus :

1 - Quelles assertions sont vraies dans ce qui suit : (2 réponses)

- Quatre électrons de valence par atome sont impliqués dans les liens entre atomes de carbone dans les nanodiamants et le graphène ✓

- Tous les électrons de valence des atomes de carbone du graphène appartiennent à la même orbitale atomique hybridée

- Tous les électrons de valence des atomes de carbone des nanodiamants appartiennent à la même orbitale atomique hybridée ✓

✗

Ce quizz porte sur les vidéos 3-SPb

2 - Les solides poreux peuvent être fonctionnalisés pour leur ajouter une propriété supplémentaire par : (2 réponses)

- Chauffage

- Introduction d'une espèce dans les pores ✓

- Dilution

- Substitution ✓

✓

4Q

1 - La formule $R = \rho L/S$ qui décrit la résistance d'un conducteur de résistivité ρ , de longueur L et de section S est valable :

- quelle que soit la longueur L .
- si la longueur L est inférieure au libre parcours moyen des électrons.
- si la longueur L est supérieure au libre parcours moyen des électrons. ✓
- uniquement si la tension est inférieure à 1 V.

2 - Pour un conducteur de longueur L et de section S en régime balistique : (3 réponses)

- A- les électrons traversent le conducteur sans collisions.
- B- la résistance est nulle.
- C- la résistance ne dépend pas de la longueur L .
- D- la résistance dépend de la section S .



4NE

1 - Quels sont les types de charges électriques mises en jeu dans les transistors MOS ?

- Des électrons négatifs pour le NMOS et des électrons positifs pour le PMOS
- Des électrons pour le NMOS et des ions positifs pour le PMOS
- Des électrons pour le NMOS et des trous pour le PMOS ✓

2 - Quel est le rôle de la tension de grille dans un transistor MOS?

- La tension de grille sert à faire varier le courant qui traverse la grille.
- La tension de grille doit toujours être positive pour qu'un courant circule de la source au drain.
- La tension de grille commande les états bloqué et passant du transistor. ✓

3 - Dans l'énergie nécessaire au changement d'état d'un transistor MOS ($CV^2/2$) que représente C ?

- La capacité de l'ensemble grille/isolant/semi-conducteur qui constitue un condensateur ✓
- La charge électronique stockée dans la source

4 - Pourquoi le circuit inverseur CMOS est-il si important en électronique logique ?

- Il permet reproduire tous les calculs du circuit logique en inversé
- Le circuit inverseur intervient dans de nombreuses opérations de calcul (addition, soustraction, etc.) effectuées en binaire par les microprocesseurs ✓

1 - Quelles définitions s'appliquent à un memristor ? (2 réponses)

- Une résistance électrique qui peut changer suivant les courants qui la traversent ou les tensions qu'on applique à ses bornes
- Une résistance électrique que l'on peut substituer aux transistors des blocs de calcul
- Une résistance qui varie linéairement avec la tension appliquée
- Une résistance électrique qui peut être utilisée comme point mémoire



2 - Pourquoi l'échelle nanométrique favorise-t-elle le développement de memristors, notamment ceux à base de film en sulfure d'argent inséré entre deux électrodes ?

- Les résistances électriques d'un circuit prennent plus d'importance que les autres composants à l'échelle nanométrique.
- Il est plus facile de modifier la constitution physicochimique de la résistance par application d'une tension.

3 - En s'inspirant du fonctionnement de notre cerveau et de notre système nerveux, que pourra permettre l'utilisation de memristors dans les ordinateurs ?

- Mettre en œuvre des algorithmes neuronaux pour le calcul, ce qui est impossible dans les ordinateurs actuels
- Mettre en œuvre des algorithmes neuronaux pour le calcul avec une consommation d'énergie réduite

4ES

1 - À quoi est associée la magnétorésistance ?

- Aux spins des électrons dont l'orientation majoritaire définit le sens de l'aimantation. ✓
- Aux spins des noyaux atomiques dont l'orientation majoritaire définit le sens de l'aimantation dans chacune des couches ferromagnétiques utilisées.
- Aux charges des électrons qui se trouvent modifiées en présence d'un champ magnétique.

2 - Quel est le principe de la magnétorésistance géante ?

- La résistance d'une couche ferromagnétique traversée par un courant électrique change avec l'orientation de son aimantation
- La couche magnétique devient isolante en présence d'un champ magnétique extérieur
- La résistance électrique d'un empilement de couches ferromagnétiques et non ferromagnétiques peut changer fortement selon que les aimantations des couches sont orientées dans le même sens ou non ✓

3 - Rôle et fonctionnement d'un disque dur dans un ordinateur ou un serveur informatique (3 réponses)

- Le disque dur permet de mémoriser des résultats de calcul sur des durées très courtes avec la nécessité de les régénérer régulièrement
- Le disque dur est la mémoire à long terme des ordinateurs et des serveurs
- Les informations binaires sont mémorisées sur le disque dur par gravure mécanique, les parties gravées représentant des zéros logiques alors que les parties non gravées représentent des « uns » logiques
- Les informations binaires sont mémorisées sur le disque sous forme magnétique, les « zéros » et « uns » logiques correspondant à des aimantations dans des directions opposées des petits domaines magnétiques de mémorisation
- Un disque dur d'ordinateur permet de stocker actuellement plus de mille milliards de données logiques élémentaires (« zéros » et « uns »)



4 - Rôle et apport de la magnétorésistance géante dans les ordinateurs et serveurs ?

- La découverte de la magnétorésistance géante a permis d'accroître considérablement les performances de calcul des microprocesseurs.
- L'utilisation de la magnétorésistance géante a permis d'accroître la sensibilité des têtes de lecture magnétique ainsi que la capacité des disques durs magnétiques. ✓
- La magnétorésistance géante permet de conserver plus longtemps les données mémorisées sur le disque dur de l'ordinateur.

4NP

1 - Est-il possible de voir un atome unique avec un microscope classique ?

- oui, si l'on a un détecteur suffisamment sensible. ✓
- non, un atome est plus petit que la résolution d'un microscope qui est d'environ une demi-longueur d'onde.

2 - Il est possible de réaliser des images optiques avec une résolution meilleure que la demi-longueur d'onde (la limite de diffraction), (2 réponses)

- en éclairant les objets à travers des trous plus petits que la demi longueur d'onde et placés très près de l'objet.
- en éclairant les objets avec des pointes sub-longueur d'onde, placées près des objets.
- C'est impossible, car c'est en contradiction avec la limite de diffraction.

✓

1 - Pourquoi l'eau de la mer est-elle bleue ?

- Parce que l'eau absorbe plus le rouge que le bleu. ✓
- Parce que les molécules et particules de l'eau diffusent plus efficacement le bleu.
- Parce que le spectre de la lumière solaire est plus prononcé dans le bleu que dans le rouge.

2 - Le vase de Lycurgue est rouge en transmission et vert-bleu en réflexion. (2 réponses)

- Ceci est analogue à l'atmosphère.
- Ce phénomène est dû à des particules métalliques de diamètre inférieur à 50 nm qui absorbent la lumière
- Ce phénomène est dû à des particules métalliques de diamètre supérieur à 50 nm qui diffusent la lumière.

✓

1 - Quelle doit être l'épaisseur des couches semi-conductrices (indice optique ≈ 4) d'un miroir de Bragg à la longueur d'onde des télécommunications ($\lambda \approx 1550 \text{ nm}$)?

- Proche de 100 nm ✓
- Proche de 10 nm
- Proche de 500nm

2 - Laquelle des propositions suivantes est vraie dans tous les cas?

- Les cristaux photoniques sont des structures semi-conductrices.
- Les cristaux photoniques sont à la base des structures périodiques ✓

3 - Quels sont les principaux processus à l'origine de l'émission de lumière dans un matériau semi-conducteur ? (2 réponses)

- Les vibrations atomiques du réseau cristallin.
- La recombinaison entre électrons et trous.
- La désexcitation d'électrons de conduction au sein des structures à trous quantiques.
- Le rayonnement des électrons accélérés par un très fort champ magnétique au sein du matériau semi-conducteur.



4 - Parmi les propositions suivantes, lesquelles correspondent à un puits quantique semi-conducteur ? (2 réponses)

- A- C'est une couche mince de semi-conducteur, d'épaisseur nanométrique, insérée entre des semi-conducteurs de plus grande énergie de gap.
- B- C'est une couche mince de semi-conducteur, d'épaisseur nanométrique, insérée entre des semi-conducteurs de plus petite énergie de gap.
- C- C'est une couche mince de semi-conducteur, d'épaisseur nanométrique, où les électrons et les trous ne peuvent circuler.
- D- C'est une couche mince de semi-conducteur, d'épaisseur nanométrique, qui permet de confiner les porteurs de charge.



5 - Comment changer significativement la longueur d'onde d'émission de diodes semi-conductrices à puits quantique ? (2 réponses)

- A- Changer les semi-conducteurs qui constituent l'hétérojonction à puits quantique.
- B- Changer l'épaisseur de la couche semi-conductrice qui constitue le puits quantique sans en changer le matériau ni celui des couches adjacentes.
- C- Changer l'intensité du courant qui circule dans la diode.
- D- Inverser le signe de la tension appliquée aux bornes de la diode.



6 - En quoi une diode laser diffère-t-elle d'une diode électroluminescente (DEL) ?

- A- L'intensité du courant, qui circule dans la diode laser, est beaucoup plus élevée.
- B- Une hétérojonction est utilisée alors que la structure des DELs est basée sur une homojonction semi-conductrice.
- C- Le processus d'émission stimulée est le processus dominant de l'émission de lumière dans une diode laser. ✓

1 - Quelle assertion est vérifiée pour une boîte quantique ?

- Une boîte quantique est constituée d'un seul atome.
- Les porteurs de charges (électrons et trous) dans une boîte quantique peuvent se déplacer librement dans toutes les directions de l'espace.
- L'émission optique d'une boîte quantique est spectralement étroite. ✓

2 - Quel est l'intérêt des boîtes quantiques pour la cryptographie quantique ?

- Elles présentent une émission spectralement large.
- Elles peuvent émettre des photons uniques, c'est-à-dire un par un. ✓
- Elles réduisent le seuil d'émission laser.

3 - Quelle est la surface la plus réfléchissante ?

- A smooth surface ✓
- A surface covered with nanowires

4 - Quel est l'intérêt des nanofils pour des diodes électroluminescentes ? (2 réponses)

- La densité de dislocations est réduite dans le matériau actif.
- L'émission des diodes change de couleur lorsqu'on change leur température de fonctionnement.
- La chute d'efficacité est réduite à fort courant.

✓

4NC applications

1 - Est-ce qu'un nanocapteur est nécessairement de taille nanométrique ?

- Oui
- Non ✓

2 - Quel est le principe du nanocapteur décrit dans la séquence ?

- Convertir un échauffement thermique en signal électrique détectable.
- Déetecter des nanoparticules de carbone.
- Déetecter le déplacement de nanoparticules de carbone.
- Convertir une déformation mécanique en signal électrique détectable. ✓
- Convertir un niveau sonore en signal électrique détectable.

3 - Quelles propriétés des nanotubes de carbone sont utilisées dans l'élément sensible ?(2 réponses)

- Leur conductivité électrique dépendant des contraintes mécaniques appliquées
- Leur légèreté
- Le caractère unidimensionnel de leur géométrie
- Leur incorporation facile dans une encre

✓

4 - Quelles sont les fonctions qui interviennent dans le nanocapteur ? (3 réponses)

- A- La conversion du signal produit par l'élément sensible en une tension électrique
- B- La conversion du signal produit par l'élément sensible en un courant électrique
- C- Le filtrage du bruit électrique
- D- L'émission radiofréquence
- E- La détection d'un signal d'antenne
- F- L'analyse statistique des signaux détectés



evaluation 4 :

1 - Combien d'électrons sont impliqués dans la détermination du quantum de conductance ?

- Deux électrons ✓

- Un électron

- Une centaine d'électrons

2 - Qu'a-t-on exploité dans la découverte de la magnéto-résistance géante ?

- Le spin des électrons uniquement.

- Le spin et la charge des électrons conjointement. ✓

3 - Pourquoi l'échelle du nanomètre a été déterminante dans la découverte de la magnétorésistance géante (GMR) ? (2 réponses)

- Sur des distances nanométriques, les électrons ne subissent pratiquement pas de collisions ou d'interactions qui changent l'orientation de leur spin.

- Les ferromagnétiques ne peuvent conduire le courant électrique que sur des distances nanométriques.

- Les couches ferromagnétiques doivent être d'épaisseur nanométrique pour que les trajectoires des électrons, qui les traversent, soient elles aussi de longueur nanométrique

✓

4 - Peut-on changer l'orientation de l'aimantation d'une couche magnétique par un courant qui la traverse ?

Oui ✓

Non

5 - Quand un transistor MOS de circuit logique d'ordinateur consomme-t-il de l'énergie ?

Quand il est dans l'état passant

Quel que soit son état logique

Quand il change d'état ✓

6 - Comment les nanotechnologies ont-elles permis de réduire l'énergie consommée par les transistors MOS des circuits logiques d'ordinateur ? (2 réponses)

En réduisant la longueur de grille du transistor MOS

En diminuant l'épaisseur du substrat semi-conducteur

En réduisant le nombre de connexions métalliques entre transistors MOS dans les circuits logiques d'ordinateur

En réduisant la tension de commande des transistors



7 - Quel est l'intérêt potentiel des memristors pour les futurs processeurs de calcul ?

- Remplacer les composants des disques durs magnétiques
- Être insérés comme éléments de mémoire au sein d'un bloc de calcul ✓
- Remplacer les transistors des blocs de calcul

8 - De quoi dépend la couleur des nanoparticules métalliques que l'on observe ?

- Uniquement du métal des nanoparticules indépendamment de leur taille
- Uniquement de la taille des nanoparticules indépendamment du métal considéré
- À la fois de la taille, du métal et de la forme des nanoparticules ✓

9 - Qu'est-ce une bande interdite photonique dans un cristal photonique? (2 réponses)

- une gamme de longueurs d'onde pour laquelle la lumière est totalement absorbée dans le cristal photonique
- une gamme de longueurs d'onde pour laquelle la lumière est totalement réfléchie par le cristal photonique
- une gamme de longueurs d'onde pour laquelle aucun émetteur de lumière n'est présent dans le cristal photonique
- une gamme de longueurs d'onde pour laquelle la lumière ne peut pas se propager dans le cristal photonique



10 - Quelles sont les propositions vraies dans celles qui suivent? (2 réponses)

- Les métamatériaux sont des structures artificielles
- Les cristaux photoniques et les métamatériaux sont tous les deux des structures périodiques
- Les cristaux photoniques et les métamatériaux sont tous les deux des structures semi-conductrices
- Les métamatériaux sont susceptibles de présenter une grande variété de propriétés électromagnétiques
- Les cristaux photoniques peuvent être utilisés comme capes d'invisibilité



11 - Quelles sont les principales applications des sources à semi-conducteurs ? (2 réponses)

- L'éclairage domestique
- Les fours à micro-onde
- Les télécommunications optiques
- Les circuits intégrés



12 - Quels ont été les apports des nanotechnologies dans les sources à semi-conducteurs ?(3 réponses)

- A- La diode à homojonction
- B- La miniaturisation des diodes lasers
- C- L'introduction des couches semi-conductrices à puits quantiques
- D- L'étendue du domaine de longueur d'onde «couvert» par les sources à semi-conducteurs
- E- L'émission de rayons X



13 - Comment évolue la longueur d'onde d'émission d'une boîte quantique quand on réduit sa taille ?

- Elle ne change pas
- Elle se décale vers le bleu ✓

14 - Quelle est la principale limitation actuelle des capteurs d'environnement, en particulier dès lors qu'ils sont enfouis dans le sol ?

- Leur taille
- Leur poids
- Leur coût
- Leur durée de vie ✓

4 bonus

1a - Comment peut-on modifier la phase de la fonction d'onde d'un électron pour observer des interférences sur une mesure de courant ?

- En modifiant l'indice de réfraction.
- En introduisant un champ magnétique. ✓
- En modifiant la température.

1b - Pourquoi peut-on observer des effets d'interférence sur une mesure de courant dans un semi-conducteur de taille nanométrique ? (2 réponses)

- Parce que les effets quantiques n'existent qu'à l'échelle nanométrique
- Parce que les électrons peuvent aussi se comporter comme des ondes
- Parce qu'on peut agir sur la phase d'une onde électronique à l'échelle nanométrique

✓

2 - Quels sont actuellement les principaux enjeux de l'électronique de spin ou spintronique ? (3 réponses)

- Utiliser conjointement le spin et la charge des électrons dans les circuits logiques
- Remplacer les transistors actuels par des transistors à couche ferromagnétique
- Développer de nouvelles nanoparticules ou de nouveaux nano-objets magnétiques
- Développer de nouvelles mémoires pour remplacer les mémoires à accès aléatoire RAM et disques durs utilisés actuellement

✓

3 - Quels sont les principaux inconvénients des disques durs actuels ? (2 réponses)

- Leur faible capacité de mémoire inférieure au gigabit
- Le temps d'accès aux données mémorisées sur le disque
- Le dispositif mécanique d'accès au disque dur pour l'enregistrement et la lecture des données

✓

4 - Quel est l'avantage d'une mémoire magnétique MRAM (Magnetic Random Access Memory) comparée aux mémoires RAM à transistor ?

- Raccourcir le temps d'accès et de stockage des résultats transitoires de calcul
- Occuper moins de place dans le circuit logique
- Réduire la consommation de l'ordinateur en n'ayant pas à réécrire régulièrement le contenu de la mémoire ✓

Ce quizz porte sur les vidéos de **niveau rouge 4-NE-3**

5 - Quels sont les effets obtenus lorsqu'on applique une tension sur une grille métallique déposée sur du graphène ? (2 réponses)

- On peut rendre le graphène isolant comme pour un transistor classique.
- On passe continument d'une conduction de trous à une conduction d'électrons.
- On peut atteindre une résistivité importante mais pas un état isolant.

✓

6 - Quelle est la différence fondamentale entre le graphène et le nitride de bore (BN), qui est un isolant, alors que ce sont tous les deux des matériaux 2D ?

- Ils n'ont pas le même réseau cristallin.
- Ils ont le même réseau hexagonal mais le BN possède deux atomes différents dans sa maille élémentaire alors que, pour le graphène, ce sont deux atomes de carbone. ✓

7 - Quelle est la force qui lie ensemble les empilements de matériaux 2D ?

- Les liaisons covalentes
- La gravité
- Les forces de Van der Waals ✓

Ce quizz porte sur la vidéo de [niveau rouge 4-NP-1b](#)

8 - Pour observer des effets d'optique non linéaire tels que la génération de second harmonique, (2 réponses)

- il faut produire un champ électrique intense dans le matériau non linéaire.
- On utilise une source de grande puissance.
- il est suffisant de disposer de quelques photons en moyenne dans le milieu non-linéaire si le volume de confinement est suffisamment faible pour que les champs électriques soient assez intenses.

✓

Ce quizz porte sur la vidéo de [niveau rouge 4-NE-2b](#)

9 - Est-il possible de modifier la durée de vie d'un état excité d'une molécule ?

- Non, la durée de vie est une propriété intrinsèque de l'état.
- Oui, la durée de vie dépend de la capacité de la molécule à rayonner son énergie. Ceci peut être modifié en changeant l'environnement de la molécule. ✓

10 - Est-il possible de contrôler la direction d'émission d'une molécule ?

- Non, les directions d'émission sont celles d'un dipôle électrique pour une transition dipolaire électrique, celles d'un dipôle magnétique pour une transition dipolaire électrique. Cela ne dépend que de la structure électronique de la molécule.
- Oui, la molécule peut transférer son énergie par interaction dipolaire à une nano-antenne qui ensuite peut rayonner de façon directionnelle. ✓

11 - A quoi sert-il de confiner la lumière à l'échelle du nanomètre ? (2 réponses)

- À réaliser des circuits optiques de plus petite taille que les circuits électroniques
- À réaliser des images super-résolues.
- À produire des effets d'optique non linéaire avec de faibles flux lumineux.

✓

5NB

1 - Des marqueurs fluorescents sont utilisés pour suivre les déplacements des biomolécules et leurs interactions. Quels sont les principaux inconvénients que peuvent présenter ces marqueurs ? (2 réponses)

- Des effets de scintillement de la fluorescence
- La monochromatiqueité de la fluorescence émise
- Leur blanchiment
- Le changement de la couleur de la fluorescence suivant leur taille



2 - Lors de l'observation d'une protéine fluorescente individuelle (GFP) à l'aide d'un microscope à fluorescence, vous avez enregistré sur une caméra CCD une image, qui peut être approchée par une gaussienne avec un écart-type $s \approx 150$ nm. Sur ce système, chaque pixel de l'image représente 130 nm et vous avez collecté 1000 photons de signal. Avec quelle précision σ pouvez-vous indiquer la position de la molécule sur l'image ?

- La précision σ est limitée par la diffraction optique, soit $\sigma \approx 250$ nm.
- La précision σ est limitée par la taille du pixel, soit $\sigma \approx 130$ nm.
- La précision σ est donnée par la taille de la protéine fluorescente, soit $\sigma \approx 1$ nm
- La précision σ dépend du nombre de photons collectés N , soit $\sigma \approx s/\sqrt{N} \approx 4,7$ nm ✓

3 - A l'aide d'un microscope à épifluorescence, on observe le déplacement d'une nanoparticule fluorescente pendant une seconde. À la longueur d'onde détectée, la tache d'émission de la nanoparticule sur le capteur matriciel (« caméra ») est approchable par une gaussienne d'écart-type : $s = 180$ nm. Le nombre de photons détectés par particule est environ $N = 1000$. En déterminant d'abord la précision de localisation de la nanoparticule, puis la distance minimale que l'on va pouvoir estimer entre deux positions de la particule, donner l'ordre de grandeur de la vitesse minimale mesurable sur la durée d'une seconde ?

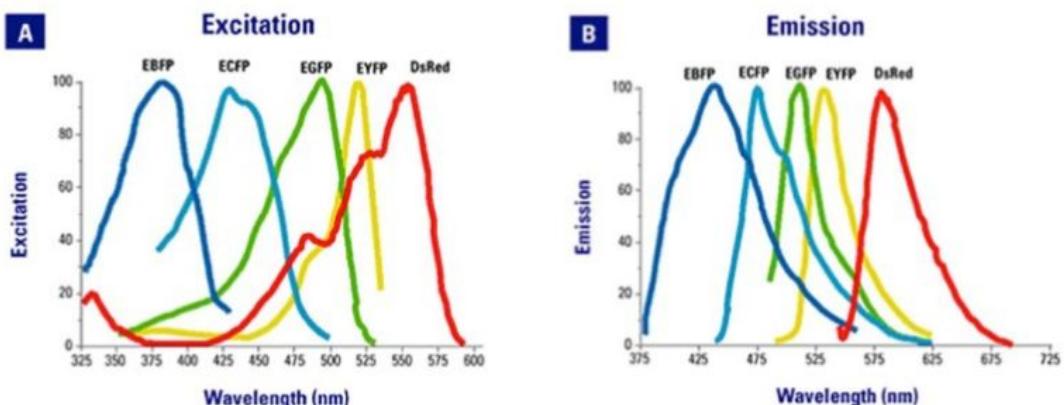
- 1 nm/s
- 12 nm/s ✓
- 100 nm/s
- 1 µm/s

1 - Parmi l'ensemble des affirmations suivantes concernant le FRET (Förster Resonant Energy Transfer) lesquelles sont exactes ? (2 réponses)

- A- Les distances entre molécules, que l'on peut mesurer par FRET, sont limitées par la diffraction
- B- L'efficacité de FRET est une fonction décroissante de la distance entre donneur et accepteur, avec une distance caractéristique de l'ordre de quelques nm.
- C- Le FRET est un transfert d'énergie non radiatif reposant sur l'interaction dipôle-dipôle entre donneur et accepteur

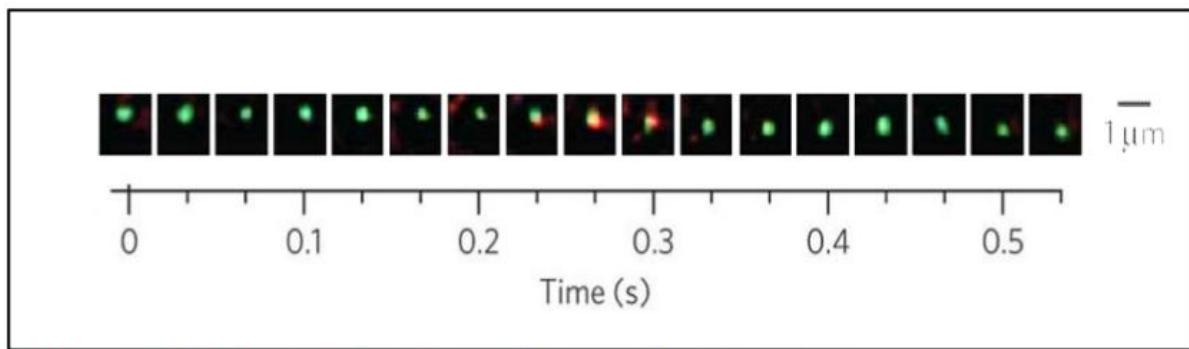


2 - Vous souhaitez sondez l'interaction entre deux protéines P1 et P2 par la méthode FRET. A la première protéine est liée une protéine fluorescente YFP (P1 : YFP). Connaissant les spectres d'excitation (absorption) et d'émission de YFP et d'autres protéines fluorescentes, quelles approches vous semblent possibles parmi celles proposées ? (2 réponses)



- A- Fusionner la protéine CFP avec P2 et mesurer l'efficacité de FRET lorsque YFP est excitée (P1 : YFP comme donneur et P2 : CFP comme accepteur)
- B- Fusionner la protéine GFP avec P2 et mesurer l'efficacité de FRET lorsque GFP est excitée (P2 : GFP comme donneur et P1 : YFP comme accepteur)
- C- Fusionner la protéine GFP avec P2 et mesurer l'efficacité de FRET lorsque YFP est excitée (P1 : YFP comme donneur et P2 : GFP comme accepteur) ?
- D- Fusionner la protéine mRFP avec P2 (la version monomérique de DsRed) et mesurer l'efficacité de FRET lorsque YFP est excitée (P1 : YFP comme donneur et P2 : mRFP comme accepteur)





1 - D'après cette observation, quelles affirmations sont correctes ? (2 réponses)

- Les protéines marquées par différents fluorophores n'interagissent pas entre elles
- L'apparition du signal rouge est due au FRET entre ATTO488 (Donneur) et Alexa594 (Accepteur)
- La disparition du signal vert est due à la photodégradation définitive (photoblanchiment) de l'ATTO488
- Deux protéines CD59 peuvent s'approcher à une distance de l'ordre d'une dizaine de nanomètres pendant quelques centaines millisecondes, indiquant l'existence d'une interaction entre elles (formation de dimères)



2 - Que pouvez-vous dire quant à la nature du déplacement de la molécule observée ?

- A. La vitesse de la molécule diminue au cours du temps
- B. Le mouvement de la molécule est la superposition d'un mouvement dirigé et d'un mouvement de diffusion
- C. Le mouvement de la molécule est purement brownien
- D. La molécule diffuse à l'intérieur d'un microdomaine de confinement 

1 - La force de piégeage dans une pince optique est provoquée par :

- La réflexion de la lumière sur l'objet piégé
- La réfraction de la lumière par l'objet ✓
- L'absorption de la lumière par l'objet

2 - La vidéo sur les pinces optiques montre comment les rayons lumineux sont défléchis par l'objet piégé. déterminer parmi les objets suivants celui qui ne peut pas être piégé avec une pince optique :

- Une bille de verre dans l'eau
- Une cellule de levure dans son environnement biologique
- Une bulle d'air dans l'eau ✓

3- La précision de mesure du déplacement d'un moteur moléculaire comme, par exemple, une kinésine, lorsqu'il est couplé à une bille diélectrique avec une pince optique, est de l'ordre de :

- 1 nm ✓
- 100 nm
- 1 µm

4- Dans un montage de pince optique, un système optique à deux lentilles est inséré entre la source laser et l'objectif de microscope. Son rôle est :

- d'augmenter le diamètre du faisceau laser pour couvrir la pupille de l'objectif ✓
- de diminuer le diamètre du faisceau laser pour réduire la taille du spot focalisé
- De faire converger le faisceau laser avant l'objectif de microscope

5- Quelle est la meilleure façon de déplacer le piège dans le plan de l'échantillon biologique

- A - En translatant le faisceau à l'entrée de l'objectif de microscope
- B - En tournant un miroir placé avant le télescope à 2 lentilles ✓
- C - En tournant un miroir placé après le télescope et juste avant l'objectif

5NM

1 - Comment définit-on un médicament ?

- A - C'est le paracétamol, la doxorubicine, etc.
- B - C'est un principe actif exerçant une activité thérapeutique ou diagnostique
- C - C'est un principe actif associé à des excipients dans une forme galénique ✓

2 - Dans le domaine des nanomédicaments, quel est l'ordre de grandeur de la taille des nanovecteurs ?

- A - Un nanomètre ou moins
- B - Quelques dizaines ou centaines de nanomètres ✓
- C - De l'ordre de grandeur des cellules humaine

3 - Les nanomédicaments actuellement sur le marché concernent surtout :

- A - L'homéopathie
- B - Le traitement des maux de tête
- C - Le traitement de la grippe
- D - Les traitements anticancéreux ✓

1 - Les nanovecteurs les plus utilisés sont : (2 réponses)

- Des liposomes
- Des nanoparticules polymères
- Des nanoparticules d'or



2 - La préparation des nanovecteurs peut faire appel à : (3 réponses)

- Des polymères
- Des stabilisants
- Des procédés de dispersion
- Un microscope à effet tunnel



1 - Par quel moyen un nanovecteur peut-il pénétrer dans une cellule malade ?

- Par diffusion passive à travers la membrane cellulaire
- Par formation d'une vésicule entourant la particule de façon régulée ✓

Explication

Les nanovecteurs (et les nanoparticules de façon générale) ne pénètrent pas dans une cellule par diffusion passive, ce mécanisme étant réservé à des molécules de taille et de polarité bien adaptées à la diffusion à travers les phospholipides de la membrane cellulaire. Dans la plupart des cas, les nanovecteurs sont internalisés par endocytose, c'est-à-dire par formation d'une vésicule entourant la particule et la transportant à l'intérieur de la cellule, sous l'effet de processus biochimiques complexes et variés.

2 - Comment peut-on suivre la pénétration de nanovecteurs dans les cellules?

- par imagerie de rayons X ✗
- en mesurant l'activité micro-ondes des cellules
- en visualisant la fluorescence du nanovecteur ✓

1 - Quelle est la voie d'administration des nanomédicaments

- Voie orale
- Voie intranasale
- Voie intraveineuse ✓

2 - Lorsqu'un nanomédicament potentiel présente une activité prometteuse in vitro sur des cellules, quel type d'études est-il réalisé avant de pouvoir le tester chez l'homme ?

- Des sondages téléphoniques
- Des études chez l'animal ✓
- Des recherches bibliographiques

5NF

1 - Quels sont les avantages principaux d'une puce microfluidique ? (2 réponses)

- On peut manipuler des volumes de liquide biologique qui sont inférieurs au microlitre.
- On peut manipuler des volumes de liquide biologique allant du litre au millilitre.
- On peut pratiquer plusieurs tests sur la même puce.

✓

1 - Sur la trace du courant ionique à travers un canal d'alpha-Hémolysine en présence de chaînes d'ADN, on observe des blocages de courant. On en déduit que : (2 réponses)

- A - Les chaînes d'ADN traversent le canal
- B - Le canal a des problèmes de conduction
- C - Les chaînes d'ADN entrent dans le canal et en ressortent par le même côté
- D - Les chaînes d'ADN sont bloquées dans le canal
- E - Il faut changer de canal

✓

1 - Le mélange des réactifs dans un écoulement microfluidique monophasique est très lent car : (2 réponses)

- A - le nombre de Reynolds est très faible
- B - la viscosité est très faible
- C - la diffusion est négligeable
- D - l'écoulement est laminaire



1 - Le tri cellulaire en environnement microfluidique permet d'effectuer un tri individualisé. Ce tri bénéficie :

- A - d'un écoulement majoritairement diffusif qui force les cellules à se regrouper.
- B - d'un écoulement stratifié lié à un faible nombre de Reynolds qui permet une maîtrise des trajectoires d'écoulement ✓
- C - de turbulences localisées qui piègent de manière sélective les différents types cellulaires.
- D - de l'influence de la gravité à l'échelle de la cellule unique vis à vis des frottements fluides.

2 - dans un filtre en H, on tire profit :

- A - de la gravité pour séparer par la taille les particules.
- B - de l'agitation thermique qui est prépondérante pour les particules de petites tailles ✓
- C - de la présence de turbulences pour piéger les particules
- D - d'un gradient de concentration pour mouvoir et filtrer les particules

1 - Les organ-on-chip permettent : (2 réponses)

- d'étudier en temps réel et sous microscope des fonctions d'organe
- de reconstituer un organe complet artificiel en vue d'une greffe
- d'effectuer des tests de criblage thérapeutique en pharmacologie et toxicologie



evaluation 5

1 - Quelles sont, parmi ces conditions, celles qui permettent de localiser une biomolécule et d'observer son déplacement avec le plus de précision ? (2 réponses)

- A- Accrocher à la biomolécule un fluorophore qui scintille
- B- N'enregistrer qu'une image unique de la fluorescence émise par le fluorophore
- C- Enregistrer plusieurs images de la fluorescence émise par le fluorophore
- D- Accrocher à la biomolécule un fluorophore qui ne blanchit pas sous illumination répétée



2 - Vous souhaitez mesurer précisément le mouvement d'un moteur moléculaire, qui se déplace sur un microtubule de 5 µm de longueur reconstitué en solution et ce, en particulier, pour connaître le pas de déplacement, dont on suppose qu'il se situe entre 30 et 100 nm. Quelle approche vous semble la bonne ?

- A - Le suivi du signal de FRET après accrochage d'un premier fluorophore à une extrémité du microtubule et d'un second fluorophore sur le moteur lui-même
- B - L'accroche d'une bille de polystyrène micrométrique au moteur et le suivi de ses déplacements dans un piège optique

3 - Lors de l'expérience de mesure du déplacement de la kinésine avec une pince optique, l'objet qui est piégé est :

- A - La kinésine elle-même
- B - La vésicule transportée par la kinésine
- C - Une bille qui est attachée à l'extrémité de la kinésine

1 - Par rapport à une molécule de principe actif, un nanovecteur est généralement :

- Plus grand ✓

- Plus petit

2 - Quel est l'intérêt d'encapsuler un principe actif dans un nanovecteur ? (3 réponses)

- Protéger de la dégradation un principe actif fragile
- Réduire la taille du principe actif
- Diriger le principe actif préférentiellement vers la cellule malade
- Contourner les résistances aux traitement conventionnels

✓

3 - Des nanovecteurs non recouverts de PEG (PolyEthylèneGlycol) vont préférentiellement :

- Dans le foie ✓

- Dans les poumons

- Dans le cerveau

4 - Le Doxil® est une formulation de doxorubicine (principe actif anticancéreux) encapsulé dans des liposomes recouverts de PEG (polyéthylène glycol). Choisir la proposition correcte :

- Les chaînes de PEG permettent de diminuer l'adsorption d'opsonines et donc la capture hépatique ✓
- Les chaînes de PEG permettent une reconnaissance moléculaire des récepteurs des cellules cancéreuses
- Les chaînes de PEG permettent de passer la barrière hémato-encéphalique

1 - Une analyse en microfluidique est plus rapide qu'en laboratoire classique. Pourquoi ?

- On peut capturer les molécules à détecter plus rapidement en régime convectif. ✓
- On peut capturer les molécules à détecter plus rapidement en régime diffusif.

2 - Dans ce MOOC, les canaux protéiques utilisés sont : (2 réponses)

- A. L'aérolysine
- B. La cyclodextrine
- C. La maltoporine
- D. L'alpha-hémolysine
- E. La lécithine

✓

3 - Les microgouttes ne fusionnent pas spontanément lorsqu'elles sont mises en contact car :

- l'énergie interne de deux gouttes est plus faible que l'énergie interne d'une goutte formée par la fusion des deux gouttes initiales.
- on ajoute un surfactant dans la phase porteuse (huile) ✓
- il existe des forces répulsives entre gouttes
- il y a une compétition entre les forces de viscosité et les forces interfaciales qui stabilisent les gouttes,

4 - Afin de rendre le tri cellulaire sélectif d'un paramètre physiologique, on peut mettre en œuvre un tri dit actif induisant un effet de "phorèse" dont l'intensité dépend :

- A - de la vitesse de l'écoulement fluidique dans le canal.
- B - de la dimension du canal.
- C - d'un contraste entre les propriétés du milieu et celles de la cellule ✓
- D - du nombre de Reynolds et du nombre de Péclét.

5 - Dans le cas des « organ-on-chip », la microfluidique permet : (3 réponses)

- A - de paralléliser la reconstruction d'unités biofonctionnelles sur un substrat miniaturisé
- B - d'appliquer des contraintes biomimétiques sur les tissus cellulaires en culture
- C - de véhiculer les organoïdes d'une chambre de culture cellulaire à une autre
- D - de vasculariser les tissus cellulaires en culture dans la puce

