

CHAP 12-COURS Nouveaux matériaux

Exercices p 175 à 181 N° 1 (exo résolu)-11-14-15-16

11 Les verres à couches

De nombreuses fonctions sont apportées aux verres par dépôt de couches minces (généralement des oxydes métalliques). Des vitrages parfaitement transparents dans le visible et réfléchissant l'infrarouge sont ainsi fabriqués en déposant différentes couches d'épaisseur nanométrique sur le verre.

1. a. Rappeler le domaine de longueur d'onde correspondant à la lumière visible.

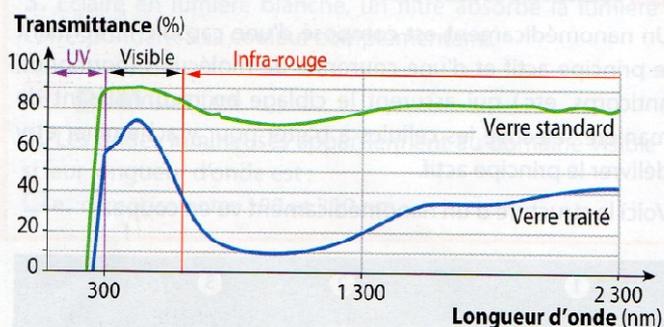
b. Quelle est la gamme d'énergie des photons correspondants ?

c. Où se situent, sur le spectre électromagnétique, les rayonnements infrarouges par rapport aux rayonnements visibles ?

2. Quel est l'intérêt de disposer de vitrages ne transmettant pas l'infrarouge ?

3. La transmittance (fraction de l'intensité du rayonnement transmise par le verre) en fonction de la longueur d'onde est représentée ci-dessous, pour deux types de verre : un verre standard et un verre traité.

Comparer la transmittance des deux verres dans les trois domaines du spectre électromagnétique représentés (ultra-violet, visible, infrarouge). Conclure.



1. a. Les longueurs d'onde du spectre de la lumière visible s'étendent de 400 à 800 nm.

b. Calcul de l'énergie :

On a :

$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

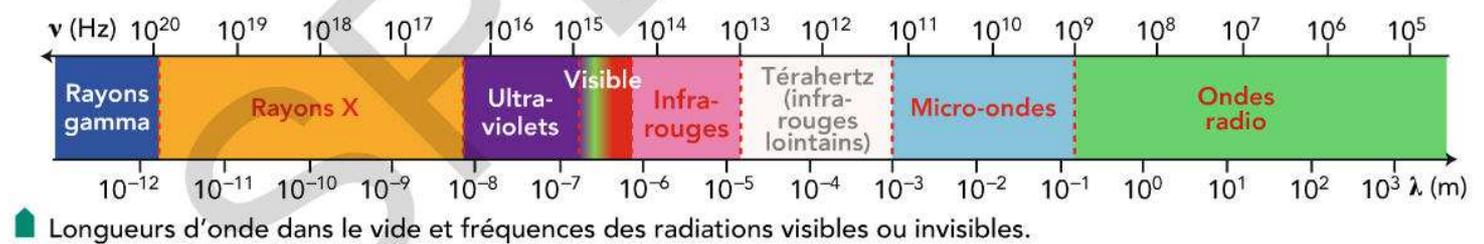
Pour $\lambda = 400 \text{ nm}$:

$$E = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{400 \cdot 10^{-9}} = 5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Pour $\lambda = 800 \text{ nm}$:

$$E = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{800 \cdot 10^{-9}} = 2,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

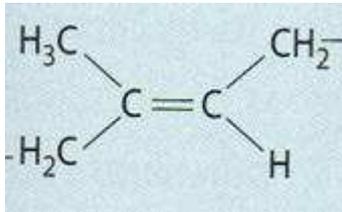
c. Les longueurs d'onde des rayonnements infrarouges sont plus élevées que celles des rayonnements visibles.



2. L'utilisation de tels vitrages évite l'échauffement derrière la vitre.

3. On constate une bonne transmittance dans le visible pour les deux cas, faible dans l'UV dans les deux cas et beaucoup plus faible dans l'IR pour le verre traité que pour le verre standard, ce qui était le but.

1.



2. On peut donner une forme précise aux matériaux plastiques.

3. a. Un objet fabriqué en caoutchouc brut se déformerait au cours du temps.

b. Cf. programme 1re S : il existe des liaisons entre chaînes (puisque le matériau est élastique dans une certaine mesure), mais celles-ci sont faibles (puisque le matériau se déforme beaucoup). Il s'agit donc de forces de van der Waals, qui assurent une certaine cohésion, mais permettent aux chaînes de glisser facilement les unes sur les autres.

4. a. Cf. programme 1re S : le polymère est alors constitué de chaînes réticulées.

b. Il s'agit ici de liaisons covalentes, c'est-à-dire de liaisons beaucoup plus fortes que les forces de van der Waals.

5. La cohésion du caoutchouc après vulcanisation est beaucoup plus grande. La vulcanisation a créé des liaisons covalentes.

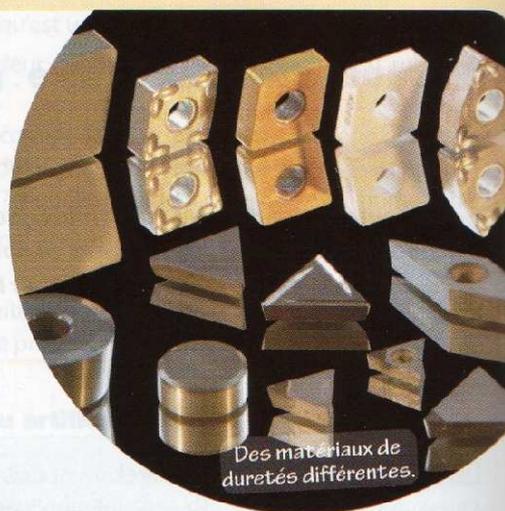
Lorsqu'on applique une contrainte au matériau, les chaînes bougent les unes par rapport aux autres, mais sont moins libres de le faire que dans le caoutchouc brut.

Cela permet au caoutchouc de retrouver sa forme initiale après déformation. Le caoutchouc est alors élastique, tout en conservant une certaine plasticité.

15 Dureté (4 points)

Problématique

Comment quantifier la dureté d'un matériau ?



Document 1 Le carbure de bore.

« La dureté du diamant est légendaire. Pourtant, un nouveau matériau pourrait venir sérieusement lui faire de l'ombre dans les années qui viennent. Mis au point par des chercheurs du Laboratoire des propriétés mécaniques et thermodynamiques des matériaux (LPMTM), ce composé, qui répond au nom de carbure de bore, est presque aussi dur que le diamant et a sur celui-ci l'avantage d'être plus résistant à la chaleur et à l'oxydation. Un atout majeur qui pourrait lui permettre de s'imposer rapidement dans l'industrie. «Prenez l'usinage de l'acier, explique Vladimir Solozhenko, à la tête de l'équipe du LPMTM. Découper et percer nécessitent un matériau capable d'endurer des fortes températures et qui ne réagisse pas chimiquement avec le métal. Notre invention serait parfaite dans cette tâche.»

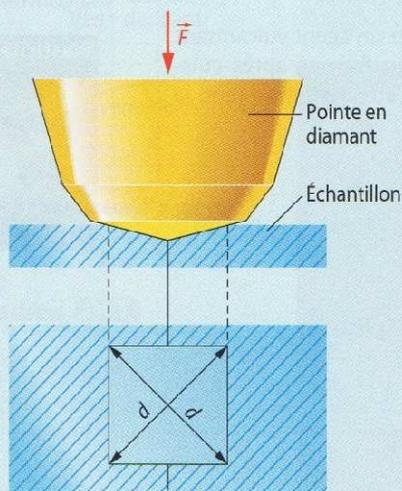
D'après www.techno-science.net

Document 3 Dureté d'un matériau (échelle Vickers).

La dureté D d'un matériau peut être évaluée expérimentalement en exerçant, pendant une durée donnée, une force F donnée sur le matériau, à l'aide d'une pointe pyramidale en diamant. La dureté est alors calculée à l'aide de la relation suivante :

$$D = AF/d^2$$

où A est une constante sans dimension et d la diagonale de l'empreinte carrée réalisée par la pointe de diamant sur l'échantillon.



Document 2 Notion de dureté dans la vie courante.

Extrait d'un ouvrage sur les matériaux :
« La pâte à modeler se déforme durablement à la moindre pression : elle a une très faible dureté, elle est molle. »

Document 4 Dureté Vickers de quelques matériaux.

Matériau	Dureté (GPa)
Acier	10
Cuivre	0,5
Or	0,3
Aluminium	0,4

Questions

- Entre l'acier et le carbure de bore utilisé pour le découper, quel matériau doit être le plus dur ?
- Justifier le choix du diamant pour réaliser la pointe utilisée pour mesurer la dureté Vickers.
- Quelle est la dimension de la dureté Vickers d'un matériau ?
 - Expliquer alors pourquoi cette définition est cohérente avec la notion de dureté employée dans la vie courante.
- Un laboratoire a mesuré la dureté Vickers de l'aluminium et du carbure de bore, dans les mêmes conditions. La diagonale de l'empreinte laissée par le diamant sur l'aluminium est 10 fois plus grande que celle laissée sur le carbure de bore. Estimer la dureté du carbure de bore.
- Conclure en comparant quantitativement les duretés de l'acier et du carbure de bore.

1. Le carbure de bore doit être le plus dur.
2. Le diamant est le plus dur des matériaux connus (cf. document 1) ; il sert donc de référence. La dureté des autres matériaux est ainsi mesurée en évaluant leur résistance à la pression d'une pointe de diamant.
3. a. La dureté Vickers est le rapport d'une force sur une surface. Elle est donc homogène à une pression (unité: Pa).

$$D = A \cdot \frac{F}{d^2}$$

$$[D] = [A] \cdot \frac{[F]}{[d^2]} = \frac{N}{m^2} = Pa$$

- b. Plus un matériau est dur, plus il est résistant à la pression. Un matériau mou, au contraire, se déforme sous l'effet d'une faible pression.

4. Calcul de D pour le carbure de Bore :
On a $d_{Al} = 10 \cdot d$

Pour le carbure de Bore :

$$D = A \cdot \frac{F}{d^2}$$

Pour L'aluminium :

$$= A \cdot \frac{F}{d_{Al}^2} = A \cdot \frac{F}{(10 \cdot d)^2} = A \cdot \frac{F}{100 \cdot (d)^2} = \frac{D}{100}$$

$$\text{Donc } D = 100 \cdot D_{Al} = 100 \cdot 0,4 = \mathbf{40 \text{ GPa}}$$

5. Le carbure de bore est quatre fois plus dur que l'acier. On retrouve de façon quantitative le résultat énoncé dans le document 1.

16 Un pansement « intelligent » (4 points)

Problématique

Comment le pH d'une plaie évolue-t-il lors d'une infection ?

Document 1 Un pansement avec témoin d'infection incorporé.

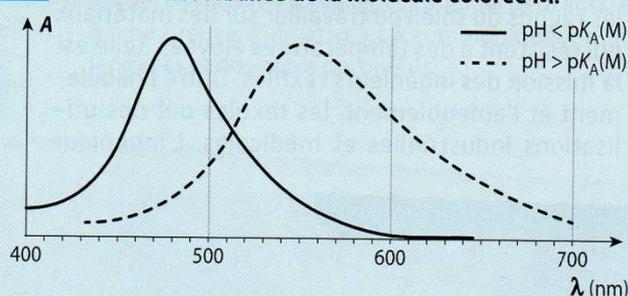
Des chercheurs de l'institut Fraunhofer de Munich ont mis au point un pansement qui permet de surveiller l'évolution de la cicatrisation d'une plaie et de repérer l'apparition éventuelle d'une infection. La molécule colorée M utilisée dans ce pansement est un indicateur coloré dont le pK_A est $pK_A(M) = 7,2$.

La mise au point de cette technologie a été délicate. Le changement de couleur de l'indicateur devait être net et se produire à l'acidité convenable. Par ailleurs, il fallait trouver un moyen de lier chimiquement le colorant aux fibres du bandage, afin qu'il ne pénètre pas dans l'organisme du patient.

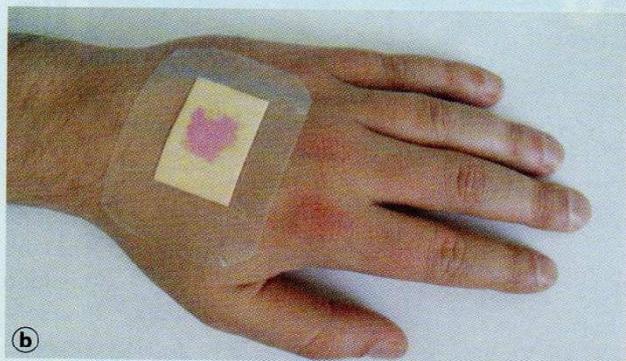
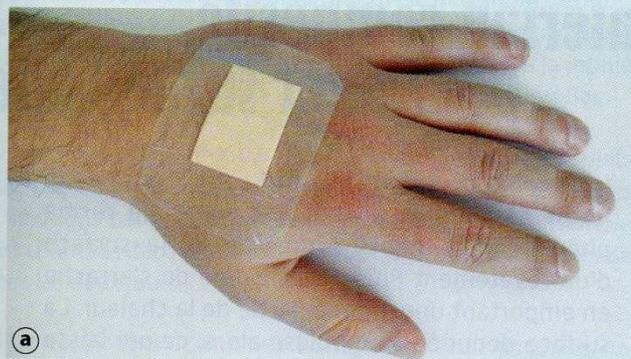
Document 2 pH de quelques milieux biologiques en conditions physiologiques.

Milieu	pH
Estomac	1 à 3,5
Peau	5 à 5,5
Sang	7,4
Bile	7,6 à 8,6
Salive	6,5 à 7,4

Document 3 Courbes d'absorbance de la molécule colorée M.



Document 4 Photos extraites de la notice du pansement.



Questions

- Pour fabriquer ce pansement, les chercheurs ont lié aux fibres du pansement une molécule M judicieusement choisie, dont la couleur renseigne sur l'état de la plaie. Avec quel paramètre la couleur de cette molécule varie-t-elle ?
- À un pH de 5,5, quelle est la couleur de la forme majoritaire de la molécule M ?
- Compléter la notice du pansement en identifiant les deux cas **a** et **b** représentés.
- Expliquer alors comment évolue le pH en cas d'infection cutanée.

1. La couleur de la molécule varie avec le pH.

2. À un pH de 5,5 (donc inférieur à $pK_A = 7,2$), la forme acide de l'indicateur coloré prédomine. L'absorption correspondante est maximale pour une longueur d'onde autour de 480 nm, c'est-à-dire dans le bleu. La molécule M est donc de couleur jaune.

Rem : C'est la couleur du pansement lorsque la plaie est saine.

3. a : plaie saine (pas d'infection), pansement jaune.
b : plaie infectée, pansement violacé

4. En cas d'infection cutanée, le pH au niveau de la plaie augmente, au-delà du pK_A de l'indicateur coloré. La plaie devient donc basique. L'indicateur coloré absorbe dans le vert (vers 550 nm) et colore donc le pansement en violet.