

Année scolaire  
2017/2018

Classe de PCSI 7

# Devoir surveillé de chimie n°4

Durée de l'épreuve : 2 heures

Usage des calculatrices : interdit

**N.B. Une présentation soignée est exigée ; les réponses doivent être justifiées (avec concision) et les principaux résultats doivent être encadrés.**

Ce devoir est constitué de trois exercices indépendants.

## I) L'indium et l'I.T.O.

L'indium est le 49<sup>ème</sup> élément de la classification périodique des éléments, découvert en 1863 par F. Reich et H.T. Richter. Sa production a progressivement augmenté tout au long du 20<sup>ème</sup> siècle. De nos jours, la demande en indium est très forte en raison de son utilisation massive pour l'élaboration de couches minces d'I.T.O. (Indium Tin Oxide, oxyde d'indium dopé à l'étain) qui assurent la fonction d'électrode transparente dans des dispositifs tels que les écrans LCD.

L'I.T.O. est typiquement composé de 90% en masse d'oxyde d'indium  $\text{In}_2\text{O}_3$  et 10% d'oxyde d'étain  $\text{SnO}_2$ .

- 1) En expliquant la démarche, donner les numéros de la période et de la colonne de la classification périodique auxquelles appartient l'élément indium.
- 2) À partir de la configuration électronique de l'indium, déterminer celle de l'élément de la même colonne situé deux lignes au-dessus dans la classification. Nommer cet élément.
- 3) Schématiser un tableau périodique des éléments, en indiquant le nom des différents blocs et le nombre de colonnes qu'ils comportent. Placer la frontière approximative entre métaux et non-métaux.
- 4) L'indium est-il un métal ou un non-métal ? En déduire quelques propriétés attendues pour le corps simple indium.
- 5) Il existe deux isotopes naturels de l'indium :  $^{113}\text{In}$  et  $^{115}\text{In}$ . De quoi sont composés les noyaux de ces isotopes ? Sachant que la masse molaire de l'indium est de  $M = 114,8 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  en déduire l'abondance isotopique naturelle de l'indium (expression littérale).
- 6) Dans les corps composés, l'indium se retrouve fréquemment sous forme d'ions  $\text{In}^+$ ,  $\text{In}^{3+}$ , et plus rarement  $\text{In}^{2+}$ . Quels arguments peut-on évoquer pour interpréter cette constatation ?
- 7) Sur la fiche de sécurité de l'indium, on peut lire :

### Inflammabilité

Ce produit est inflammable dans les conditions suivantes:

Peut s'enflammer s'il est chauffé fortement.

Peut s'enflammer si ses poudres ou poussières se retrouvent dans l'air.

Écrire l'équation des différentes réactions possibles en cas d'inflammation, selon l'ion de l'indium qui se trouvera dans l'oxyde formé.

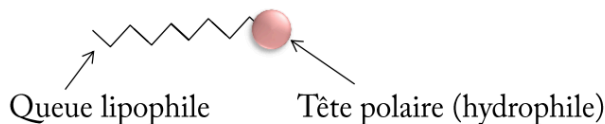
Pourquoi ces combustions ne se produisent-elles pas sur un morceau d'indium à température ambiante ?

- 8) Quels ions trouve-t-on dans les constituants de l'I.T.O. ? Sachant que l'ion de l'étain présent dans l'I.T.O. ne possède plus d'électron de valence et que l'étain est dans la même période que l'indium et n'est pas un élément de transition, en déduire le numéro atomique de l'étain (Sn).
- 9) Déterminer la teneur massique en indium dans l'I.T.O.

*Rappel* : la masse molaire de l'oxygène est de  $16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

## II) Tensioactifs et détergence

Les tensioactifs aussi appelés surfactants (en anglais) sont des composés qui diminuent la tension de surface du milieu dans lequel ils sont dissous et/ou la tension interfaciale entre ces deux milieux. Ce sont des molécules constituées de deux parties de polarité différentes : l'une lipophile qui retient les matières grasses, appelée queue, l'autre hydrophile, appelée tête. La représentation la plus utilisée d'une molécule de tensioactif est donnée sur la figure ci-dessous.



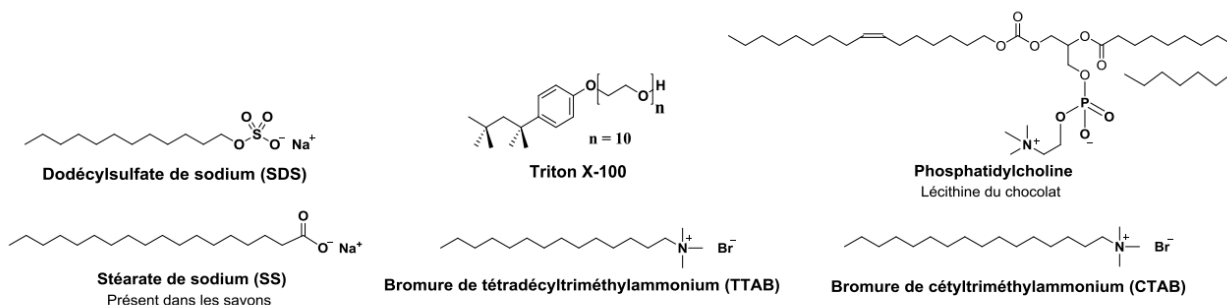
Représentation schématique d'une molécule de tensioactif

Ces molécules connaissent de nombreuses applications dans les produits de la vie courante (lessives, savons, détergents, alimentation, produits cosmétiques...) et font l'objet de nombreuses recherches. Dans certaines conditions, ces molécules peuvent catalyser des réactions chimiques ou s'organiser pour stabiliser des émulsions complexes ou encore des objets de tailles nanométriques.

Données :

- Longueur de liaison : C-H (109 pm), C-C (154 pm), S-O (148 pm) et S=O (142 pm).

On donne ci-dessous les structures de quelques tensioactifs rencontrés dans la vie quotidienne (aliments, produits ménagers, produits cosmétiques...) ou au laboratoire :

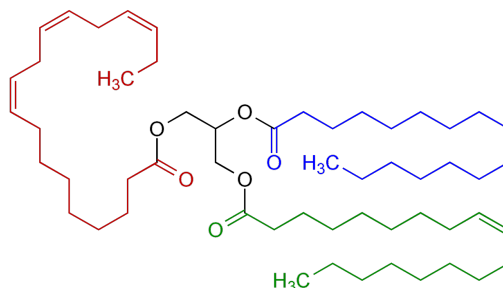


### Têtes hydrophiles

- 1) Identifier la partie hydrophile du Triton X-100. Expliquer ce caractère hydrophile en décrivant et schématisant les interactions possibles avec les molécules d'eau.
- 2) Les espèces SDS, SS, TTAB et CTAB sont ioniques. En prenant l'exemple du SDS que l'on notera  $\text{ROSO}_3\text{Na}_{(s)}$ , écrire la réaction de dissolution de ces espèces dans l'eau (sans tenir compte de la formation éventuelle de micelles). Quelles propriétés de l'eau sont a priori favorables à cette dissolution ?
- 3) On rappelle que le soufre est situé sous l'oxygène dans la classification périodique des éléments. En déduire :
  - a) la configuration électronique d'un atome de soufre dans son état fondamental ;
  - b) le nombre d'électrons de valence du soufre ;
  - c) le nombre d'électrons célibataires d'un atome de soufre isolé.
- 4) En notant toujours « R » la chaîne carbonée, écrire la structure de Lewis de l'ion dodécylsulfate (ajouter les doublets non liants à la structure donnée dans l'énoncé). Sachant que les trois liaisons entre l'atome de soufre et les atomes d'oxygène terminaux sont d'égale longueur, comment faut-il compléter la structure de Lewis précédente ?
- 5) En utilisant la méthode VSEPR, déterminer la géométrie prévisible autour de l'atome de soufre de l'ion dodécylsulfate. Donner des valeurs plausibles pour les mesures des angles et pour les longueurs de liaison soufre-oxygène.
- 6) Déterminer la géométrie détaillée de l'ion  $\text{SF}_5^-$ .

## Queues lipophiles

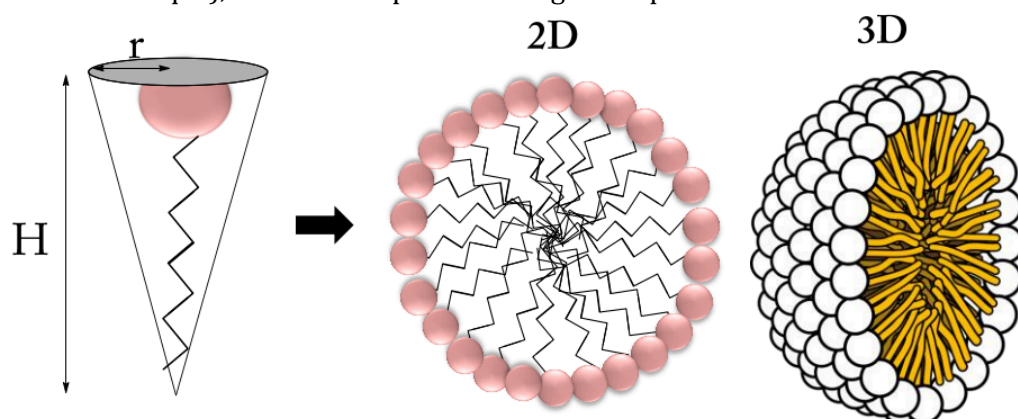
Les matières grasses (lipides), sont de natures variées, mais possèdent toutes en commun une très longue chaîne carbonée. Voici par exemple la structure d'un triglycéride classique, que l'on peut trouver dans des huiles végétales :



- 7) Expliquer pourquoi la queue lipophile des molécules de tensioactif ont de l'affinité pour les molécules de ce type.
- 8) Les matières grasses sont généralement très peu solubles dans l'eau et sont ainsi qualifiées d'hydrophobes. Donner une interprétation.

## Formation de micelles

En solution aqueuse, au-delà d'une certaine concentration en tensioactifs (appelée concentration micellaire critique), ces derniers peuvent s'organiser pour former des micelles :



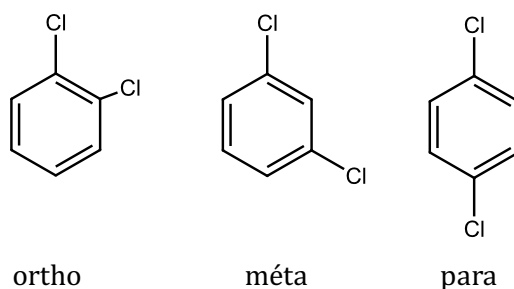
Modèle géométrique d'un tensioactif et représentations 2D et 3D d'une micelle directe.

- 9) Quels facteurs peuvent expliquer la stabilité de ces micelles dans l'eau ?
- 10) Comment la formation de micelles permet-elle d'interpréter le mode d'action des détergents ?

## III) Propriétés électroniques de molécules cycliques

### 1) Dichlorobenzènes

Il existe trois isomères de position du dichlorobenzène :



a) Dans ces trois molécules, de géométrie plane, les différentes liaisons C-C du cycle sont quasiment de même longueur. Rendre compte de cette propriété au moyen du concept de mésomérie.

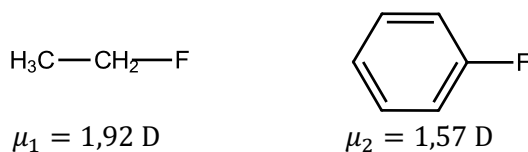
b) Attribuer à chacun de ces isomères la valeur de son moment dipolaire parmi les valeurs suivantes : 2,56 D ; 1,48 D ; 0.

c) Proposer une valeur pour le moment dipolaire de la liaison C – Cl, supposée identique dans les trois molécules.

On donne :  $\sqrt{3} \approx 1,73$ .

## 2) Polarité de composés fluorés

On donne les moments dipolaires du fluoroéthane et du fluorobenzène :

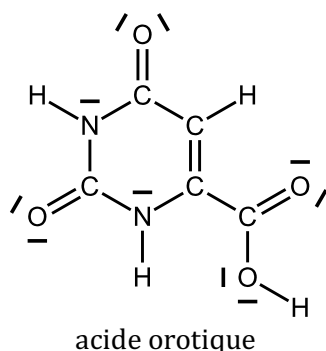


a) Rappeler la position du fluor et du carbone dans la classification périodique et comparer leur électronégativité. Interpréter cette différence d'électronégativité au moyen de la notion de numéro atomique effectif  $Z^*$ .

b) Interpréter, au moyen de formules mésomères, la différence de moment dipolaire constatée entre ces deux composés.

## 3) L'acide orotique

L'acide orotique a pour formule :



a) Montrer que **toutes** les liaisons de l'acide orotique possèdent un caractère intermédiaire entre une liaison simple et une liaison double (sauf les liaisons mettant en jeu les atomes H).

b) Identifier la fonction acide carboxylique de l'acide orotique et écrire sa base conjuguée, l'ion orotate.

c) Pourquoi les deux longueurs de liaisons C-O sont-elles a priori identiques dans la fonction carboxylate ? En réalité, elles sont très légèrement différentes dans le cas de l'ion orotate. Proposer une interprétation.