





### Première partie (10 points)

#### CONTENANTS DE BOISSONS : CHOIX DES MATÉRIAUX

Les contenants des boissons représentent un enjeu industriel considérable : sans danger pour la santé et pour l'environnement, ils doivent pouvoir être légers, mis en forme facilement, recyclés et produits à moindre coût.

Les matériaux utilisés pour les fabriquer doivent être judicieusement choisis en fonction de leurs propriétés, des avantages et des inconvénients liés à leur utilisation.

#### Questions (on s'aidera des documents ci-dessous)

1. Recopier et nommer les fonctions chimiques organiques présentes dans la molécule de PET.
2. Préciser, en argumentant, si la réaction de polymérisation entre l'acide téréphtalique et l'éthylène glycol correspond à une polyaddition ou à une polycondensation.
3. Le PET est un thermoplastique. Citer les principales propriétés physiques d'un thermoplastique.
4. Indiquer les différences entre un plastique bio-sourcé et un plastique biodégradable.
5. Écrire l'équation de la réaction qui se produirait si une canette de fer pur était mise au contact d'une boisson acide. Expliquer le gonflement de la canette pouvant se produire dans ce cas.

Les couples d'oxydoréduction mis en jeu sont :  $\text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Fe}_{(\text{s})}$  et  $\text{H}^{+}_{(\text{aq})} / \text{H}_{2(\text{g})}$ .

6. On considère qu'une canette peut être assimilée à un cylindre de révolution creux de hauteur  $h = 11,6$  cm et de rayon  $r = 6,6$  cm, et fermée par les deux disques correspondants. Toutes les parois ont une épaisseur  $e = 73$   $\mu\text{m}$ .

Compte tenu de ces dimensions, le volume  $V$  de métal employé pour fabriquer la canette est donné par la relation :

$$V = 2 \times \pi \times r \times h \times e + 2 \times (\pi \times r^2 \times e) = 2 \times \pi \times r \times e \times (h + r)$$

Sachant que la masse d'une canette en aluminium et « fer blanc » a une valeur de 38,7 g et en s'aidant du document 4, indiquer l'un des intérêts à fabriquer une canette uniquement en aluminium.

7. Le verre présente une structure amorphe. Définir le terme « amorphe ».
8. L'oxyde de sodium et l'oxyde de potassium jouent le rôle de « fondant ». Expliquer l'intérêt de l'utilisation d'un fondant pour réaliser du verre minéral.
9. Compte tenu des constituants présents dans les différents verres, proposer une explication au fait que les verres minéraux soient des matériaux inoxydables.
10. En tenant compte des propriétés des matériaux proposés (métaux, verre et matière plastique), écrire, en vous appuyant sur vos connaissances et sur les informations présentées dans les documents, un argumentaire justifiant quel matériau semble le plus approprié pour constituer et mettre en forme le contenant d'une boisson.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

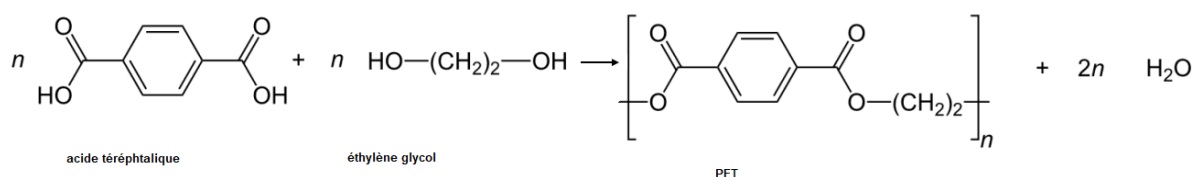
Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

### Document 1 – Le polytéréphtalate d'éthylène.

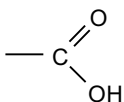
Le polytéréphtalate d'éthylène (PET) est le polymère le plus utilisé pour la fabrication des bouteilles d'eau gazeuse en plastique. On l'obtient par une réaction de polymérisation entre l'acide téréphtalique et l'éthylène glycol dont l'équation est donnée ci-dessous :



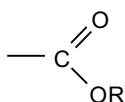
### Document 2 - Exemples de groupes caractéristiques.



Hydroxyle



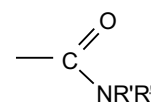
Carboxyle



Ester



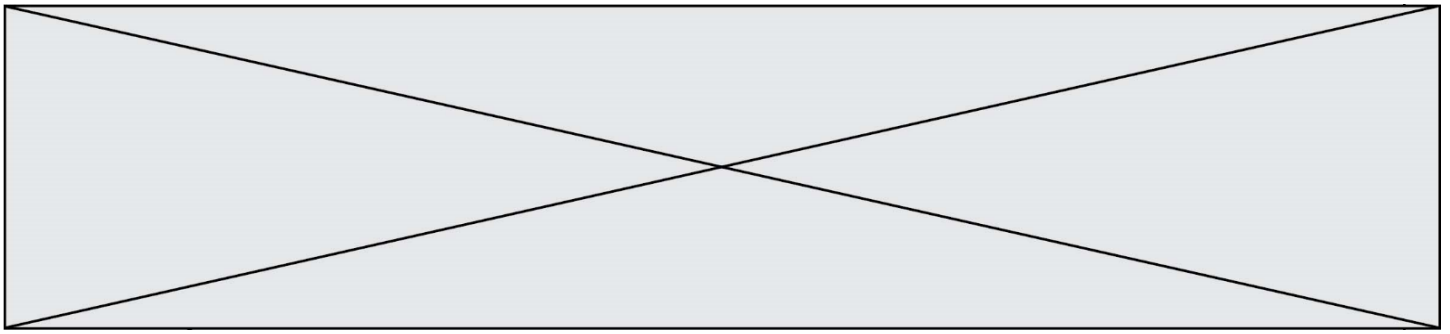
Amine



Amide

R- est un substituant carboné

R'- et R''- sont des substituants carbonés ou des atomes d'hydrogène



### **Document 3 - Bioplastiques biodégradables et bio-sourcés.**

Une alternative au recyclage des plastiques est l'utilisation de bioplastiques biodégradables et de bioplastiques bio-sourcés.

Le polycaprolactone (PCL) a été le premier polymère synthétisé pouvant se décomposer sous l'action de micro-organismes (bactéries, champignons) formant ainsi de l'eau, du dioxyde de carbone, du méthane et de la biomasse sans danger pour l'environnement. Le PCL possède des qualités de résistance à l'eau, d'où son utilisation pour former des films plastiques et fabriquer des bouteilles.

L'acide polylactique (PLA) est le plastique le plus prometteur dans le domaine des emballages alimentaires. En effet, il est biodégradable, résiste aux graisses et constitue une barrière pour les odeurs et les arômes. Le PLA peut être synthétisé à partir d'amidon de maïs.

### **Document 4 - Canettes en métal.**

Les canettes actuelles peuvent être constituées du seul métal aluminium ou bien de « fer blanc » et d'aluminium. Dans ce dernier cas, le corps et le fond sont fabriqués en déformant une mince plaque de « fer blanc » à l'aide d'un poinçon de forme adaptée ; le couvercle de la canette est en aluminium plutôt qu'en « fer blanc » car le point de jointure entre le couvercle et l'opercule se corrode aisément. Ces opérations sont possibles grâce à la ductilité des deux métaux.

Si la canette était constituée de fer pur, elle se corroderait plus rapidement : au contact d'une boisson acide, elle gonflerait et la boisson prendrait progressivement un goût métallique. Pour éviter les interactions entre le contenant et la boisson, le fer métallique de la canette est recouvert par électrolyse d'étain métallique ; on parle d'étamage. L'alliage ainsi formé est communément appelé « fer blanc ». L'étain métallique déposé à la surface du fer métal est plus stable d'un point de vue chimique que le fer, en milieu acide.

Masse volumique de l'aluminium :  $\rho_{Al} = 2,7 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

### Document 5 - Des bouteilles en verre.

Les bouteilles en verre sont fabriquées avec de la silice de formule brute  $\text{SiO}_2$ .

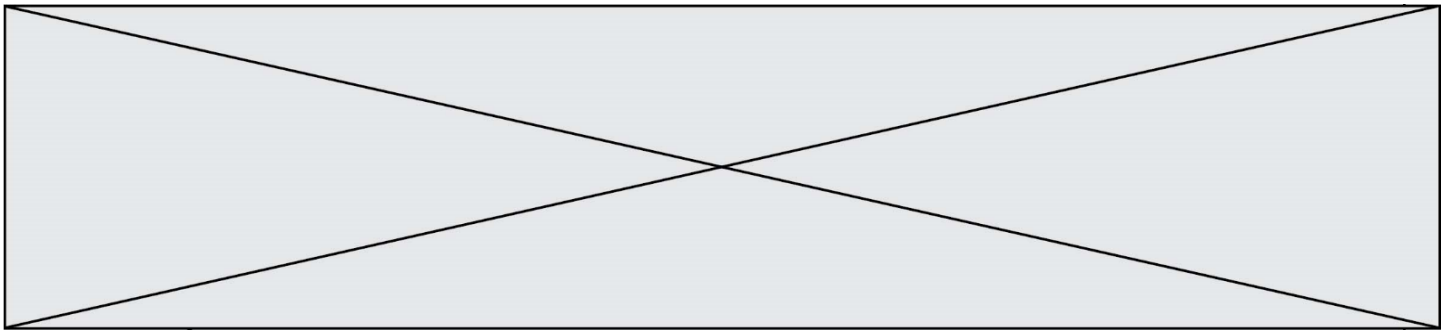
Le verre est un matériau inaltérable qui limite le risque de pollution pour l'environnement et la santé. Parmi les emballages en verre, six sur dix feront l'objet d'un recyclage ; par contre plus de neuf bouteilles consignées sur dix le seront. Le point faible de ces contenants est qu'ils mettent 1 000 à 2 000 ans pour se dégrader une fois déversés dans l'environnement.

### Document 6 - Composition de quelques verres.

Avec le verre ordinaire, selon le procédé de fabrication, on obtient des vitres ou des récipients. En le filant, on obtient des fibres utilisées dans l'isolation, les textiles incombustibles, les plastiques armés et les fibres optiques.

On donne, dans le tableau ci-dessous, la composition type de certains verres :

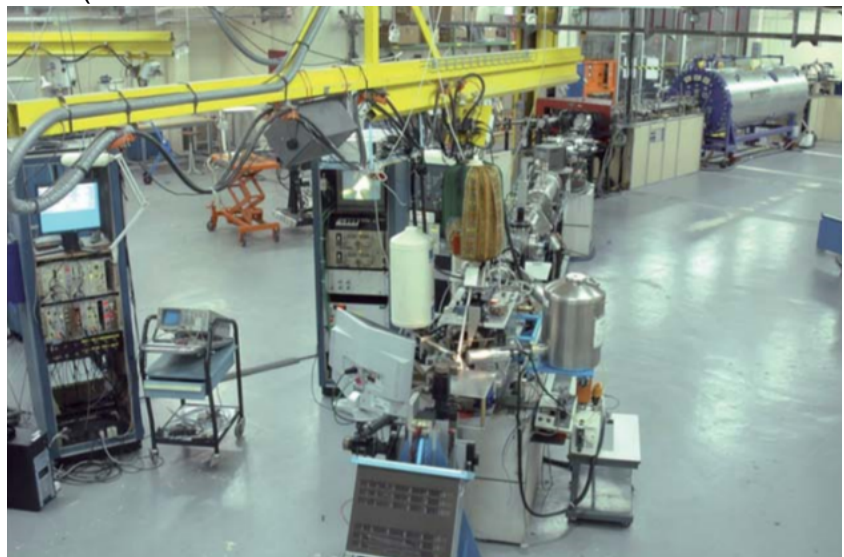
Composants	Formules	Verre ordinaire	Pyrex	Cristal
Oxyde de silicium	$\text{SiO}_2$	68 à 74 %	80 %	55 %
Alumine	$\text{Al}_2\text{O}_3$	0,3 à 3 %	2 %	
Oxyde de sodium	$\text{Na}_2\text{O}$	12 à 16 %	4 %	
Oxyde de potassium	$\text{K}_2\text{O}$	0 à 1 %	0,6 %	14 %
Magnésie	$\text{MgO}$	0 à 4,5 %	0,3 %	
Oxyde de bore	$\text{B}_2\text{O}_3$		12 %	
Oxyde de plomb	$\text{PbO}$			30 %



## Deuxième partie (sur 10 points)

### LA MÉTHODE PIXE

L'accélérateur de particules AGLAE (Accélérateur Grand Louvre pour l'Analyse Élémentaire) présent au C2RMF (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France) dans les laboratoires souterrains du musée du Louvre travaille pour donner vie aux œuvres d'art. Il permet de réaliser une analyse élémentaire des œuvres d'art. Cette analyse élémentaire permet de connaître les éléments chimiques contenus dans les matériaux des œuvres.



Source de l'image : Aglaé ou la beauté vue par la science, avril 2019

### Questions (on s'aidera des documents ci-dessous)

1. Citez l'intervalle de longueurs d'onde dans le vide des radiations visibles.
2. En utilisant le document 4, précisez si l'énergie associée aux rayons X est plus grande ou plus petite que l'énergie associée aux radiations visibles.
3. Expliquer pourquoi la technique PIXE a été choisie, plutôt qu'une méthode d'analyse chimique pour étudier la composition des pierres rouges de la statuette.
4. À l'aide des documents 1, 2 et 3, vous construirez un schéma explicatif présentant la méthode PIXE en vue de réaliser un poster scientifique sur l'analyse des œuvres d'art.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

### **Document 1 : Présentation d'accélérateur AGLAE**

L'accélérateur de particules AGLAE produit et accélère des ions légers, par exemple  $H^+$ ,  $He^{2+}$ . Le matériau à analyser (la cible) est bombardé par un faisceau d'ions (les projectiles). L'atome cible et l'ion projectile interagissent, ce qui entraîne l'émission d'une particule qui est ensuite détectée et analysée. C'est cette particule émise qui donne des informations sur la nature chimique des atomes cibles.

Il s'agit d'une analyse élémentaire, elle consiste à déterminer quels sont les éléments chimiques contenus dans les matériaux de l'œuvre. Elle ne permet pas d'identifier la structure des composés, c'est-à-dire la répartition spatiale des atomes, des ions ou des molécules.

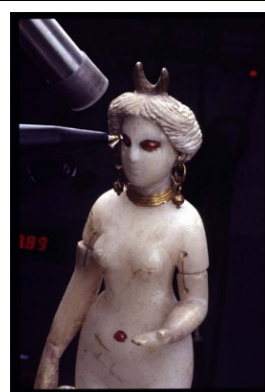
Selon la nature de la particule émise, différentes méthodes sont utilisées : la méthode PIXE, la méthode RBS, la méthode NRA.

### **Document 2 : Méthode PIXE**

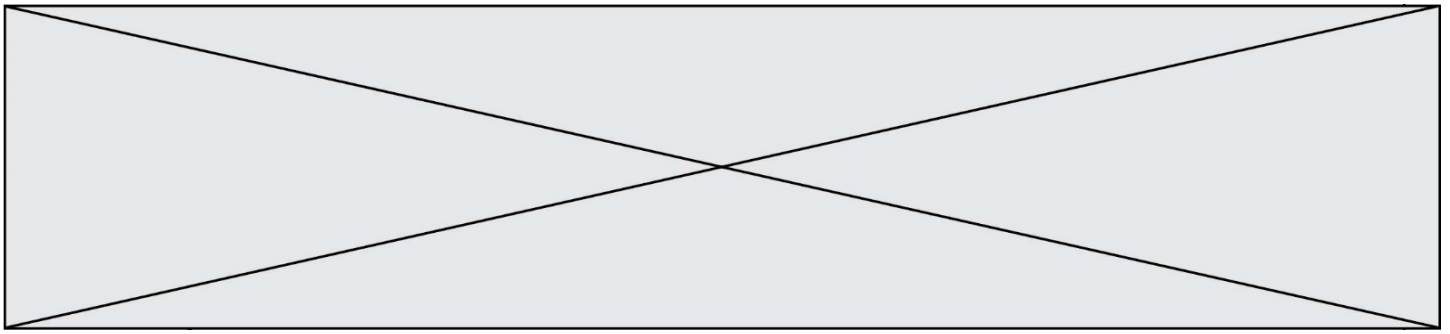
Le principe de la méthode PIXE (*Particle induced X-ray Emission*) est simple : il s'agit de capter les rayons X émis après l'interaction entre l'atome cible et l'ion projectile. Deux détecteurs de rayons X permettent de doser simultanément les éléments majeurs et ceux présents à l'état de traces.

Cette méthode a été utilisée pour analyser la composition des pierres qui ornent une statuette. Les résultats sont présentés dans le document 3.

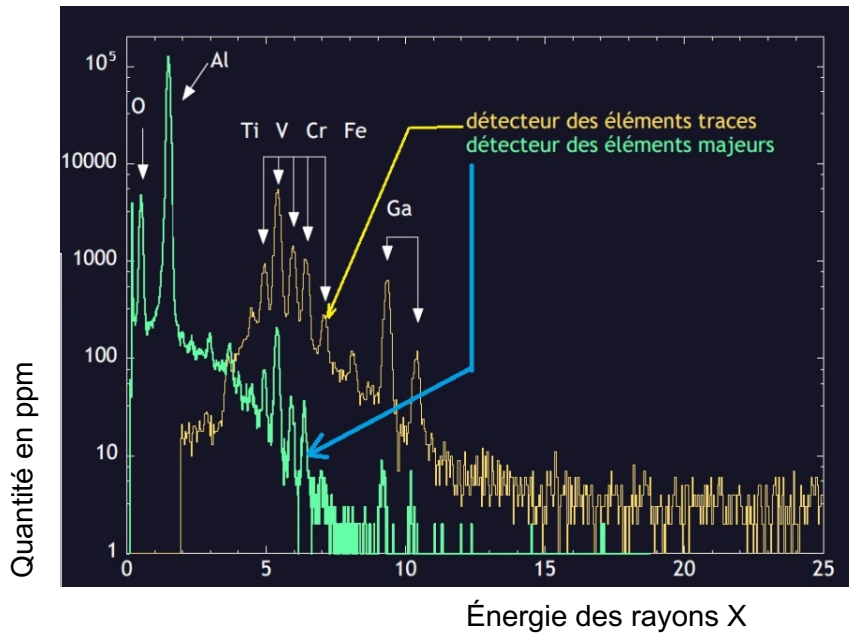
C'est une méthode d'analyse non destructive, sans prélèvement. Cependant, elle ne mesure pas le carbone et l'azote, et elle ne donne pas d'information sur les liaisons chimiques.



<http://www.lradioactivite.com/site/pages/identificationdemateriaux.htm>\_avril 2019



**Document 3 : Spectre PIXE obtenu sur l'œil de la statuette.**



Symboles des éléments présents dans le spectre :

- O : oxygène
- Al : aluminium
- Ti : titane
- V : vanadium
- Cr : chrome
- Fe : fer
- Ga : gallium

Source : C2RMF

**Document 4 : Échelle des longueurs d'onde**

