



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 $e = 73$ μm .

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 :



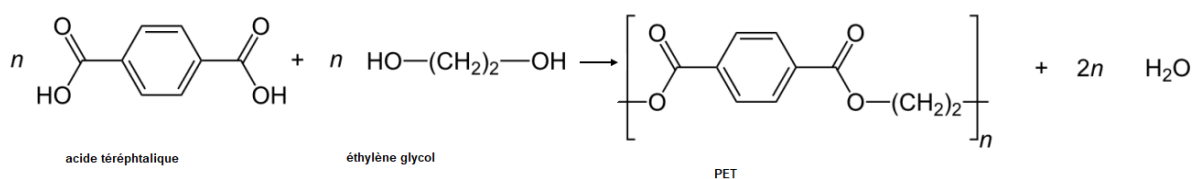
Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Document 1 – Le polytéréphtalate d'éthylène.

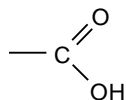
Le polytéréphtalate d'éthylène (PET) est le polymère le plus utilisé pour la fabrication des bouteilles d'eau gazeuse en plastique. On l'obtient par une réaction de polymérisation entre l'acide téréphtalique et l'éthylène glycol dont l'équation est donnée ci-dessous :



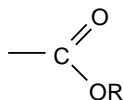
Document 2 - Exemples de groupes caractéristiques.



Hydroxyle



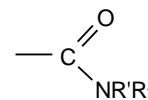
Carboxyle



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 : $\rho_{Al} = 2,7 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$



Deuxième partie (sur 10 points)

IMAGERIE SCIENTIFIQUE

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

1. Dans le document 2, l'examen de l'œuvre est réalisé avec de la lumière visible. Rappeler les longueurs d'onde limites de ce domaine ainsi que les couleurs associées.
2. Préciser les informations qu'un tel examen permet de recueillir sur l'œuvre analysée.
3. Les documents 3 et 4 évoquent le phénomène de fluorescence qui est un type de luminescence. Définir le terme « luminescence ».
4. Indiquer, à l'aide du document 3, quelles informations peut apporter ce type d'examen sur l'histoire de l'œuvre étudiée.
5. À l'aide des données du document 4, vérifier que le rayonnement réémis par les objets analysés appartient bien au domaine des infrarouges.
6. Indiquer à l'aide du document 6 à quoi peuvent servir les rayons X dans le domaine des arts.
7. Placer, dans l'ordre, sur un axe gradué en longueurs d'onde les différents domaines cités dans les documents 2, 3, 4 et 6 : visible, UV, IR et rayons X. Aucune valeur de longueur d'onde limite de domaine n'est exigée dans cette question.
8. Déterminer à l'aide des documents 1, 5 et 6 si les rayons X utilisés dans le laboratoire du C2RMF pourraient être utilisés pour réaliser une mammographie.

Document 1 - Formules

$E = h \times \nu$ avec $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s avec :
 E : énergie d'un photon associé à l'onde
 ν : fréquence de l'onde

$\lambda = c / \nu$ avec λ : longueur d'onde

Équivalence entre électron-volt et joule : $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

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 2 - Photographie en lumière rasante

En utilisant la lumière visible, les photographies rasantes sont utilisées pour enregistrer le relief de surface d'un objet. Celles-ci sont réalisées de manière systématique sur les peintures de chevalet. Elles sont faites sous deux angles d'éclairage au moyen d'un faisceau lumineux dirigé formant un angle d'environ 10 degrés avec la surface. Elles permettent de localiser les moindres reliefs de la couche picturale (craquelures, soulèvements, cloques), ainsi que les déformations du support et les accidents (déchirures, rayures, enfoncements). La lumière rasante permet aussi d'apprécier l'écriture du peintre, caractérisée par le sens du relief de la touche, les empâtements ou certains gestes techniques.



Fig. 1. Photographie visible (gauche) et rasante (droite) révélant le réseau de craquelures.
Portrait de Joséphine, Andréa Appiani, château de Malmaison (Inv. M.M.2003.2.1). Image C2RMF/Elsa Lambert.

D'après <http://technologies.c2rmf.fr>

Document 3 - Fluorescence de l'ultraviolet (UV) vers le visible

La photographie de la fluorescence sous UV dans le visible (envoi d'UV à 365 nm et enregistrement dans le visible) est très utile pour repérer les matériaux organiques comme les vernis, les colles ou certains pigments et colorants (blanc de zinc, carmin, garance...) qui ont la propriété de fluorescer sous UV. Les images obtenues permettent d'analyser les peintures. Par exemple, les vernis classiques en peinture ont la propriété de fluorescer suivant deux paramètres : l'épaisseur et le temps. Plus le vernis est ancien, plus il fluoresce sous UV et plus il est épais, plus il fluoresce également. L'intensité de la fluorescence dépendant de deux paramètres, il n'est pas possible d'en déduire directement l'ancienneté de l'œuvre. Cependant, des différences de fluorescence de vernis sur un tableau permettent de repérer des interventions antérieures invisibles à l'œil nu, qui signent généralement des emplacements d'anciennes restaurations. Sur les objets, les fluorescences sous UV permettent d'observer des traces de colles d'anciennes restaurations, des badigeons ou d'autres matériaux généralement organiques comme de la cire d'abeille, des résines, de la gomme laque ou des matières grasses.

D'après <http://technologies.c2rmf.fr>



Document 4 - Fluorescence du visible vers l'infrarouge

Les pigments antiques synthétiques « bleu égyptien » et « bleu de Han » sont reconnaissables en imagerie grâce à leur fluorescence particulière, du visible vers l'infrarouge. En effet, leur composé principal, la cuprorivaïte, réagit à un rayonnement de longueur d'onde d'excitation égale à 610 nm, en réémettant par fluorescence un rayonnement à 960 nm. Cette fluorescence permet de repérer des petits grains résiduels provenant d'anciennes polychromies.



Fig. 2. Photographie visible (gauche) et photographie de la fluorescence sous lumière visible dans l'infrarouge (LIR) servant à repérer le pigment Bleu égyptien (en blanc).
*Cercueil de femme anonyme, musée du Louvre. Image C2RMF/Anne Maigret.
D'après <http://technologies.c2rmf.fr>*

Document 5 - Quelques informations sur les examens radiographiques appliqués à l'Homme

Pour réussir un examen radiographique, il faut adapter l'énergie E des photons des rayons X utilisés en fonction de la partie du corps analysée. Voici quelques exemples :

Sein (mammographie) : des rayons X peu énergétiques sont employés (énergie E comprise entre 30 keV et 40 keV).

Thorax : l'examen de cette partie du corps nécessite l'emploi de rayons X de haute énergie, soit E comprise entre 120 keV et 150 keV.

Colonne vertébrale : son examen nécessite l'emploi de rayons X d'énergie moyenne, soit E autour de 70 keV.

D'après <http://www.sfrnet.org>

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 6 - Imagerie à rayons X

La radiographie est une image obtenue par transmission à travers l'ensemble de l'épaisseur de l'œuvre. Un faisceau de rayons X traverse l'œuvre dont les constituants absorbent plus ou moins le rayonnement en fonction de leur composition chimique et de leur épaisseur. Ces variations d'absorption sont enregistrées par un détecteur (film argentique ou capteur numérique) placé à l'arrière de l'objet étudié. Pour l'étude des œuvres peintes (2D), la radiographie apporte des informations sur l'état de conservation du support et de la couche picturale, mais également sur les techniques d'élaboration de l'œuvre).



Fig. 3. Photographie (gauche) et radiographie (droite) montrant une composition sous-jacente. *Cherchez d'abord votre Orphée*, Francis Picabia, musée Pierre-André Benoit. Images C2RMF/Pascal Lemaître (photographie) et Gérard Puniet (radiographie).

Concernant l'étude des objets d'art et d'archéologie (3D), le principe et le dispositif sont les mêmes que pour les peintures. Toutefois, les énergies utilisées sont bien supérieures et permettent de traverser des matériaux très denses (métal) ou de forte épaisseur (marbre). [...] De même, les renseignements apportés par la radiographie varient en fonction de la nature des matériaux de l'objet étudié : on ne détecte pas les mêmes informations sur une œuvre en cire, en bois, en plâtre ou en métal. Cependant, le point commun à toutes ces études est de rendre visibles des éléments qui ne sont pas accessibles à l'œil nu, car situés à l'intérieur même de l'objet [...]. L'installation pour réaliser des radiographies 2D et 3D située au C2RMF, avec un générateur de rayons X puissant (longueurs d'onde du rayonnement comprises entre $\lambda_1 = 2,96 \times 10^{-12}$ m et $\lambda_2 = 1,24 \times 10^{-11}$ m), est rare. Elle offre de nouvelles perspectives pour l'étude des œuvres d'art et d'archéologie.

D'après <http://technologies.c2rmf.fr>