





### Première partie (10 points)

#### VASCONCELOS : QUAND L'ART CONTEMPORAIN DÉTOURNE ET RECYCLE LES OBJETS PLASTIQUES

La loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte interdit la vente et la distribution des gobelets, verres, couverts et assiettes en plastique depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2020. L'objectif est de moins polluer car le plastique met des dizaines d'années à disparaître dans la nature et est souvent associé à des produits toxiques lors de sa combustion. Les modalités de l'interdiction ont été précisées par le décret du 30 août 2016.

D'après <https://www.economie.gouv.fr>

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

Il s'agit de reconstituer le cahier des charges réalisé par l'artiste Joana Vasconcelos, l'ayant conduite à choisir le polystyrène comme matériau de travail pour l'élaboration de son cœur rouge suspendu.

Le travail doit faire appel aux connaissances de physique-chimie et aux documents fournis. La présentation est laissée à l'appréciation de chacun : tableau, carte mentale, texte, schémas...

Il faudra, entre autres, argumenter sur :

- la démarche d'écoconception ;
- le choix d'un thermoplastique ;
- le choix du polystyrène plutôt qu'un autre matériau en fonction de ses propriétés physiques et des contraintes liées à la réalisation de l'œuvre et à son installation ;
- l'indice de polymérisation du polystyrène et son lien avec les propriétés physiques utiles du matériau dans la réalisation de l'œuvre.

Les documents pourront être découpés et collés sur la copie (ou tout autre support fourni, jusqu'au format A3) si besoin.

Données :

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Masse molaire de C                     | 12 g.mol <sup>-1</sup>                 |
| Masse molaire de H                     | 1 g.mol <sup>-1</sup>                  |
| Masse volumique du fer                 | 7,9 kg.L <sup>-1</sup>                 |
| Indice de polymérisation d'un polymère | Valeur comprise entre 100 et 10 000    |
| Température d'un four doux             | Valeur comprise entre 110 °C et 150 °C |
| Température d'un four chaud            | Valeur comprise entre 180 °C et 220 °C |

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 : l'artiste Vasconcelos**

Joana Vasconcelos est une artiste contemporaine qui détourne des objets pour créer des œuvres. Elle a, entre autres, utilisé des couverts en plastique refondus et soudés entre eux pour ses créations artistiques et notamment pour son célèbre cœur rouge, grand objet suspendu et exposé un temps au plafond de la galerie des glaces de Versailles. La matière plastique constituant les couverts est du polystyrène (PS).

D'après <http://pointsdecerise.canalblog.com>**Document 2 : Données polystyrène (PS) et polyméthacrylate de méthyle (PMA)**D'après <https://energieplus-lesite.be>

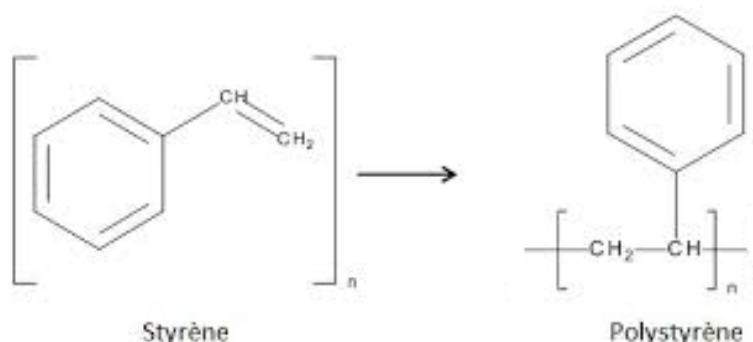
| Matériau | Masse volumique<br>$\text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$ | Module de Young<br>$\text{MPa}$ | Masse molaire<br>$\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ | Conductivité thermique<br>$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ | Température de fusion<br>$^{\circ}\text{C}$ | Température de transition vitreuse<br>$^{\circ}\text{C}$ | Type de plastique |
|----------|----------------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------|
| PS       | 1,05                                               | 2 300 à 4 100                   | 260                                                | 0,1 à 0,13                                                                   | Environ 200                                 | 80                                                       | Thermo-plastique  |
| PPMA     | 1,18                                               | 3 000                           | 250                                                | 0,2                                                                          | 190 à 240                                   | 110 à 135                                                | Thermo-plastique  |

Module de Young : coefficient qui caractérise la rigidité d'un matériau. Plus il est grand, plus le matériau est rigide et moins ce matériau est élastique.



### Document 3 : fabrication industrielle du polystyrène ou PS.

Le polystyrène est fabriqué à partir de styrène issu de la pétrochimie. Il est obtenu par polymérisation du styrène. La réaction est une polyaddition :



### Document 4 : thermoplastiques et thermodurcissables\_étude comparée

| THERMOPLASTIQUES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | THERMODURCISSABLES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Ils sont solubles dans leurs solvants respectifs.</p> <p>Le plus souvent, ils sont constitués par un réseau mono dimensionnel ou des chaînes faiblement ramifiées :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;"><i>enchevêtrement (" nœud physique ")      " pelote macromoléculaire "</i></p> <p>On peut les mettre en forme (injection, extrusion...) au-delà de leur température de fusion Tf. Ils possèdent la mémoire de cette forme après déformation plastique lorsqu'on les chauffe au-delà de la température de transition vitreuse, notée Tg.</p> <p>Comme ils peuvent être remis en forme par simple passage au-dessus de Tf, ils sont <i>a priori</i> recyclables.</p> | <p>Ils sont insolubles, infusibles.</p> <p>Le plus souvent, ils présentent une structure réticulée :</p> <div style="text-align: center;">  <p><i>polymère réticulé (liaison covalente aux croisillons : " nœud chimique ")</i></p> </div> <p>Différemment des polymères thermoplastiques, ils durcissent en subissant une transformation chimique irréversible. On peut définir une température, Td, au-delà de laquelle ils sont chimiquement dégradés.</p> <p>Le plus souvent ce sont des bi-composants, mis en œuvre à l'état liquide et rendus solides par l'ajout d'un durcisseur.</p> <p>Une fois mis en œuvre, la forme moulée est définitive. Ils ne sont donc pas recyclables.</p> |

*D'après le cours de C.Fond « les polymères »*



## Deuxième partie (sur 10 points)

## LE BLEU DE KLEIN

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

1. Expliquer la couleur bleue du pigment « bleu outremer ».
2. Calculer l'énergie d'un photon associé au rayonnement absorbé par le bleu outremer.
3. À partir des formules chimiques données du pigment bleu outremer et de l'acétate de vinyle, identifier, en le justifiant, le constituant d'origine minérale et celui de nature organique.
4. Expliquer les principaux mécanismes physico-chimiques qui se produisent lors du séchage d'une peinture à l'huile.
5. Citer les principaux constituants d'une peinture.

Les Anthropométries sont le résultat de performances réalisées en public avec des modèles dont les corps enduits de peinture viennent s'appliquer sur le support pictural. L'« *Anthropométrie de l'époque bleue* » est la plus connue de Klein. On s'intéresse à la construction géométrique de l'image  $A'B'$  d'un objet  $AB$ , les deux perpendiculaires à l'axe optique, par une lentille  $L$  de distance focale  $f' = 50$  mm modélisant l'objectif d'un appareil photographique numérique. Les caractéristiques de l'appareil sont données dans le document 4. L'objet  $AB$  correspond à la toile intitulée « *Anthropométrie de l'époque bleue* » de Klein, de hauteur égale à 1,55 m, placée à une distance de 7,0 m de la lentille  $L$ . Cet objet est considéré comme étant situé à l'infini.

6. Parmi les deux schémas suivants, donnés sans souci d'échelle, indiquer en le justifiant lequel représente au mieux la situation décrite ci-dessus.

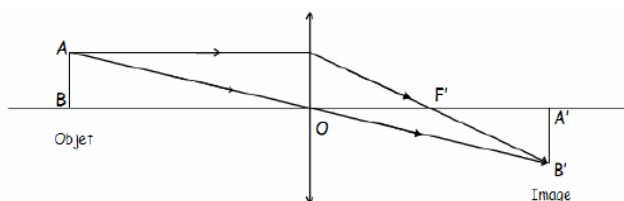


Schéma 1

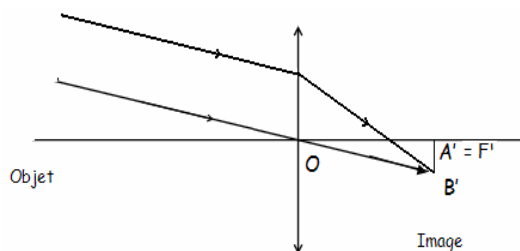


Schéma 2

7. Comme l'œuvre de Klein est d'assez grandes dimensions, le tableau entier ne peut être photographié avec l'objectif de distance focale  $f' = 50$  mm. Le photographe peut agir sur celle-ci afin d'augmenter l'angle de champ et donc de photographier le tableau en entier sans se reculer. Indiquer si le photographe doit augmenter ou diminuer la distance focale  $f'$  de son objectif.
8. En mode automatique, le réglage  $\{N = 2,8 ; t = 1/250 \text{ s}\}$  donne une prise de vue réussie. Pour modifier la profondeur de champ, le photographe choisit un nouveau nombre d'ouverture  $N' = 5,6$ .



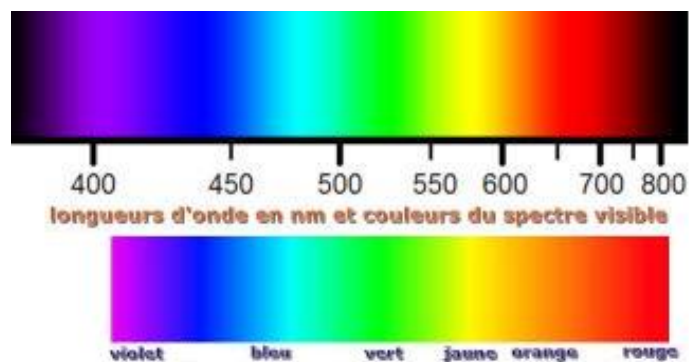
- a. Indiquer si ce nouveau réglage a pour effet d'augmenter ou de diminuer la profondeur de champ.
  - b. Donner la valeur du temps de pose  $t'$  qu'il faut choisir pour conserver les mêmes conditions d'éclairement qu'avec le réglage initial (la sensibilité est maintenue inchangée).
9. La photographie de l'« *Anthropométrie de Klein* » doit être imprimée à l'aide d'une imprimante à jet d'encre. Ce type d'imprimante contient trois cartouches d'encre colorées (jaune, cyan et magenta) et une cartouche d'encre noire.
  - a. Préciser quel type de synthèse colorimétrique est réalisée par l'imprimante.
  - b. Indiquer les couleurs d'encre utilisées par l'imprimante pour obtenir du bleu.

**Données :**

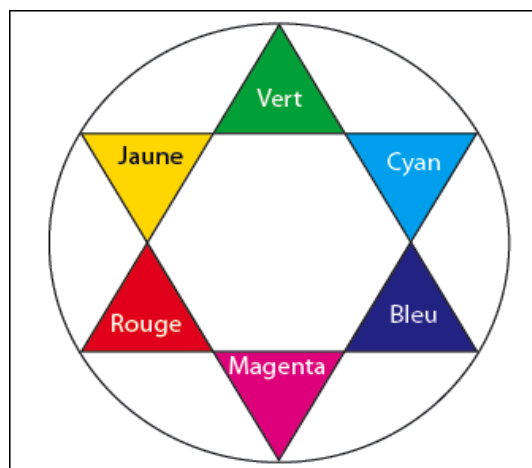
Constante de Planck :  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

Relation entre la longueur d'onde  $\lambda$ , la célérité  $c$  et la fréquence  $\nu$  d'une onde électromagnétique :  $\lambda = c / \nu$  ;

Énergie  $E$  d'un photon :  $E = h \times \nu$



Cercle chromatique :



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 secret du bleu de Klein.

Couleur sacrée, le bleu symbolisait jadis la puissance et la divinité.

L'International Klein Blue (IKB) est un procédé déposé par l'artiste plasticien

Yves Klein qui associe le pigment bleu outremer synthétique à un liant, l'acétate de vinyle. C'est l'association du liant et du pigment qui donne au produit son originalité : un aspect mat, poudreux et magnétique du bleu outremer.



Dans une peinture, les liants qui permettent de fixer les pigments sur le support modifient toujours leur couleur ; ainsi, la composition chimique d'un pigment ne détermine pas complètement la couleur d'une peinture. Par exemple, l'aquarelle change de couleur en séchant car les propriétés optiques du liant influent sur la couleur. Il en va de même pour l'huile ; le smalt donne un beau bleu en tempéra, mais est terne à l'huile.

Après avoir essayé plusieurs liants traditionnels, Yves Klein utilise l'acétate de vinyle pour donner à la couleur du pigment bleu outremer toute sa profondeur. Ce liant se rétracte en séchant, laissant apparaître le grain du pigment. Son pouvoir adhésif permet de l'employer en très petite quantité par rapport au pigment. Cette qualité préserve, autant que possible, l'aspect du pigment en poudre, pur.

Le bleu outremer est un bleu profond basé sur le pigment d'aluminosilicate de sodium, historiquement obtenu par broyage de la pierre fine de lapis-lazuli. Le bleu Guimet est un pigment de thiosulfate d'aluminosilicate de sodium synthétisé au XIX<sup>e</sup> siècle par Jean-Baptiste Guimet pour remplacer le bleu outremer. Chimiquement identique, il remplaça le bleu outremer naturel qui coûtait entre 100 et 2 500 fois plus cher. Le bleu Guimet est utilisé pour la peinture et pour l'azurage en teinturerie, en blanchisserie et dans l'industrie de la pâte à papier.

Sa formule brute est la suivante :  $\text{Al}_6\text{Na}_7\text{O}_{24}\text{S}_3\text{Si}_6$

L'acétate de vinyle est un ester de formule semi-développée  $\text{CH}_3\text{COO}-\text{CH}=\text{CH}_2$ . Il est utilisé, en solution dans divers solvants, comme adhésif et dans les peintures à séchage rapide.

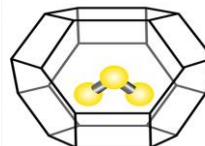


### Document 2 - L'origine de la couleur du bleu outremer.

Jusque vers 1760, on pensait que la couleur bleue du lapis-lazuli était due à la présence d'une substance métallique comme l'oxyde de cuivre.

Cependant, les progrès de l'analyse chimique ont montré l'absence d'oxyde de cuivre. Des expériences ont montré en 1970 que la

couleur est due au soufre sous forme d'un radical anion trisulfure  $S_3^-$  emprisonné dans une cage d'aluminosilicate de type zéolithe (voir figure ci-dessus). Cette espèce absorbe les radiations visibles de longueur d'onde proche de 600 nm.



### Document 3 - Le procédé de séchage d'une peinture à l'huile.

La transformation d'une pellicule d'huile siccative en film solide résulte de réactions complexes d'oxydation et de polymérisation des acides gras insaturés présents dans l'huile par l'exposition à l'air. Le phénomène de durcissement de l'huile conduit à une structure macromoléculaire tridimensionnelle.

Le procédé de séchage comporte plusieurs phases. D'abord, la formation des radicaux et la peroxydation : formation de peroxydes sur des structures mono et polyinsaturées. Ensuite, la réticulation et la décomposition des peroxydes avec formation d'aldéhydes et cétones. Ces derniers sont responsables du jaunissement de l'huile.

Les réactions au sein du film ne s'arrêtent pas complètement : une fois les liants polymérisés, des changements continueront à se produire ; par exemple la formation de craquements, de décolorations ou le jaunissement du vernis peuvent être observés.

