





## Première partie (10 points)

### VERRES TRADITIONNELS OU POLYCARBONATE ?

Les verres traditionnels, utilisés par l'homme depuis des millénaires, sont des matériaux composés principalement de silice ( $\text{SiO}_2$ ). À partir du milieu du XX<sup>e</sup> siècle, des alternatives aux verres traditionnels sont apparues comme le polystyrène cristal, le **polyméthacrylate de méthyle** ou encore le **polycarbonate**.



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

1. Indiquer à quelles familles de matériaux, minéraux ou organiques, appartiennent les verres traditionnels et le polycarbonate.
2. Indiquer, en justifiant, si la réaction de polymérisation du polycarbonate est une polyaddition ou une polycondensation.
3. Préciser si la fonction ester est présente dans une macromolécule de polycarbonate. Justifier en s'appuyant sur la structure de cette dernière.
4. Déterminer la formule brute du motif élémentaire qui constitue le polycarbonate.
5. Donner la définition de l'indice (ou degré) de polymérisation DP d'un polymère. Sachant que la masse du motif élémentaire du polycarbonate est de  $4,22 \times 10^{-22}$  kg, donner un encadrement de l'indice de polymérisation DP du polycarbonate présenté dans le document 2.
6. Pour fabriquer les phares des véhicules automobiles modernes, on délaisse de plus en plus souvent les verres traditionnels au profit du polycarbonate. Donner, en les justifiant, au moins trois raisons qui expliquent cette évolution.
7. Indiquer quel est le principal inconvénient de l'utilisation du polycarbonate, en rapport avec la longévité des phares. Qu'est-il possible de faire pour prolonger la durée de vie de ceux-ci ?

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 :  /  /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

### Document 1 - Domaines d'utilisation du polycarbonate

Le polycarbonate est utilisé dans différents domaines comme :

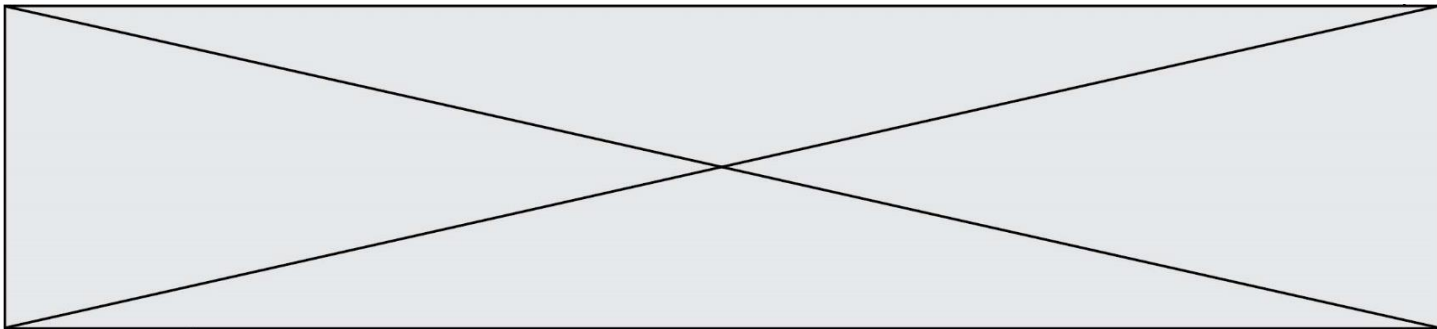
- l'optique, pour les verres de lunettes, les lentilles de caméras et les enveloppes protectrices de caméras sous-marines ;
- l'enregistrement optique d'informations numériques : CD, DVD, Blu-ray et cartes de mémoire ;
- la protection pour les téléphones portables, les téléphones intelligents, en tant qu'élément de base de l'enveloppe extérieure, peu sensible à la détérioration ;
- les transports, pour les casques et les enveloppes de phares ;
- la construction, à la place du verre, en tant que dalle épaisse ou plaque alvéolaire ;
- le secteur militaire, pour les gilets pare-balles et les boucliers anti-émeutes ;
- l'aéronautique, pour les toits et les puits de lumière des avions modernes ;
- l'éclairage électrique, pour les enveloppes protectrices transparentes (lumières de courtoisie, globes de route, etc.) ;
- le secteur alimentaire, pour les bouteilles (matériau actuellement remplacé par le polyéthylène) ;
- l'habitat, pour la construction de fenêtres, toits, panneaux...
- le domaine médical, pour la réalisation de récipients et équipements facilement stérilisables.

*D'après le site <http://boowiki.info>*

### Document 2 - Quelques éléments de comparaison entre le verre traditionnel et le polycarbonate

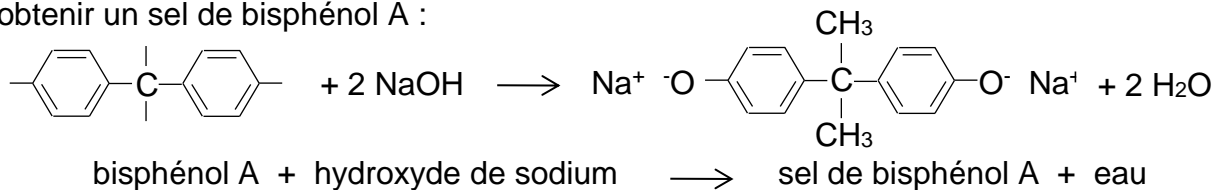
Caractéristique physique	Verres traditionnels	Polycarbonate
$\rho$ (masse volumique)	Voisine de 2 500 kg.m <sup>-3</sup>	1 200 kg.m <sup>-3</sup>
$\lambda$ (conductivité thermique)	0,5 à 1 W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	0,2 W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
$n$ (indice de réfraction)	1,5 à 1,9	1,591
Résistance aux chocs	Faible	Excellente
Coupure des UV	Faible	Excellente
Résistance aux rayures	Excellente	Faible*
Résistance aux agents chimiques	Excellente	Faible
Transparence (maximum 1)	0,93	0,86
Masse moyenne des molécules	/	De 8,5 × 10 <sup>-21</sup> à 3,3 × 10 <sup>-19</sup> kg
Usinage	Exclusivement par abrasion	S'usine comme un métal
Prix	€€€	€

(\*) : la résistance aux rayures est améliorable par un traitement de surface.

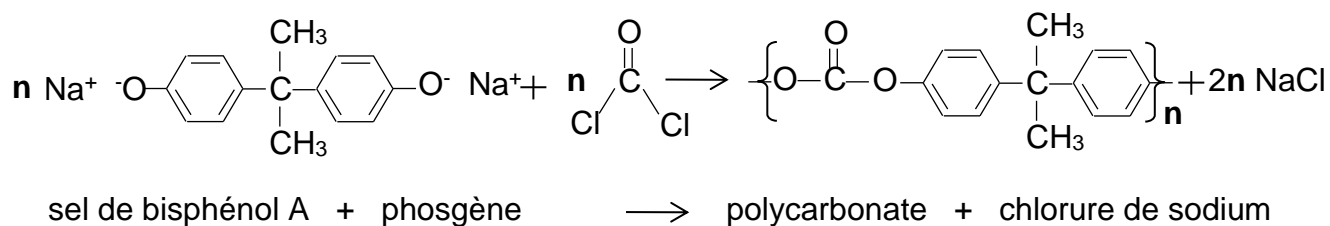


### Document 3 - Réaction de polymérisation du polycarbonate

Le polycarbonate tient son nom des groupes carbonates de sa chaîne principale. La première étape de sa préparation consiste en la réaction du bisphénol A avec l'hydroxyde de sodium pour obtenir un sel de bisphénol A :



Le sel de bisphénol A réagit ensuite avec le phosgène (composé nocif qui était utilisé comme arme chimique durant la Première Guerre Mondiale) pour produire le polycarbonate. Cette étape correspond à la réaction de polymérisation :



### Document 4 – Quelques familles de composés organiques

Famille	Formule générale
Alcool	$\text{R}-\text{O}-\text{H}$
Aldéhyde	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}-\text{C}-\text{H} \end{array}$
Cétone	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}'-\text{C}-\text{R} \end{array}$
Acide carboxylique	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}-\text{C}-\text{OH} \end{array}$
Ester	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}-\text{C}-\text{O}-\text{R}' \end{array}$
Amine	$\begin{array}{c} \text{R}'' \\   \\ \text{R}-\text{N} \\   \\ \text{R}' \end{array}$
Amide	$\begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{R}-\text{C}-\text{N}-\text{R}'' \\   \\ \text{R}' \end{array}$

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 :  /  /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

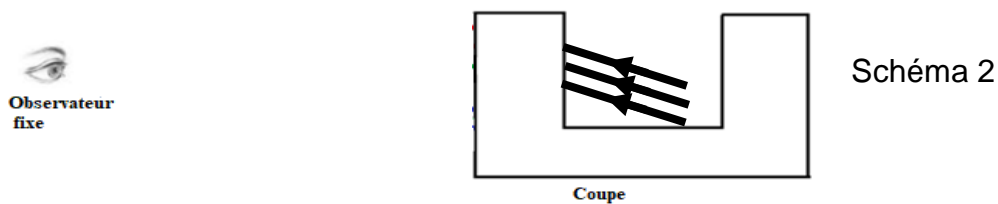
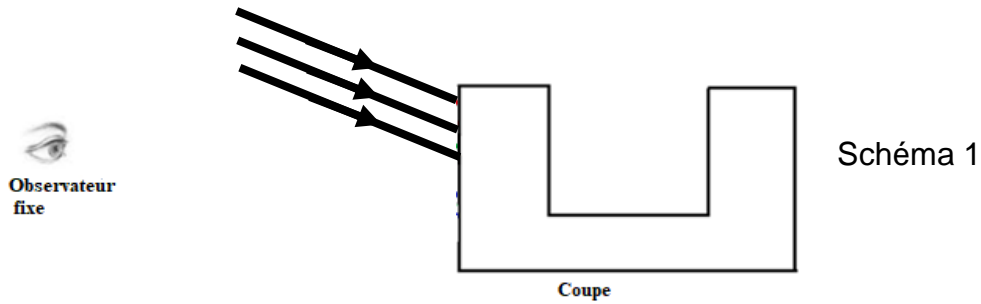
## Deuxième partie (sur 10 points)

### COUPE DE LYCURGUE

Le but du travail demandé est de comprendre comment fonctionne le filtre dichroïque utilisé dans la coupe de Lycurgue. Dans notre étude, nous ne nous intéresserons qu'aux rayons présents à l'extérieur de la coupe. En effet, le trajet des rayons à l'intérieur de la coupe de Lycurgue sont trop compliqués à modéliser.

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

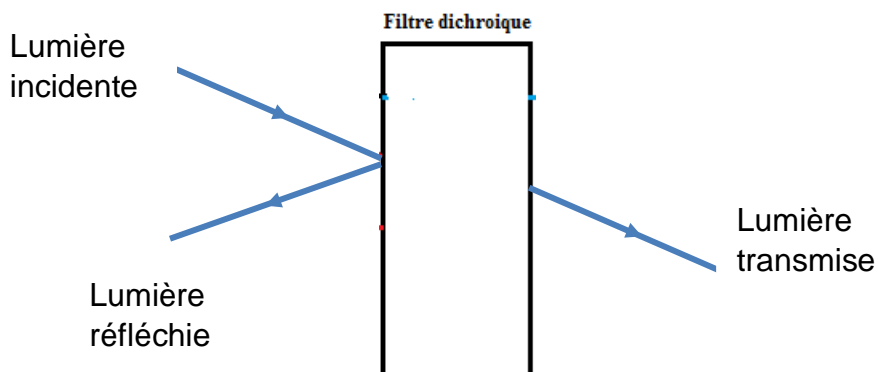
1. Citer l'origine du dichroïsme du verre de la coupe de Lycurgue.
2. Rappeler ce qu'est une synthèse additive de couleurs en physique.
3. Valider ou invalider par un calcul et une argumentation l'affirmation suivante :  
« La coupe de Lycurgue est constitué d'un verre qui réfléchit des radiations lumineuses visibles de fréquences voisines de  $f = 5 \times 10^{14}$  Hz ». On rappelle que  $f = c/\lambda$  avec  $\lambda$  la longueur d'onde.
4. Après avoir reproduit sur votre copies le schéma 1 et le schéma 2 présentés ci-dessous, compléter alors ces deux schémas ; ils permettent de modéliser les deux situations décrites dans le document 3, en continuant le trajet (uniquement à l'extérieur de la coupe) suivi par les trois rayons lumineux issus de la lampe et correspondant au rouge, au vert et au bleu. La légende retenue est alors : R pour rouge, V pour vert et B pour bleu.
5. À partir de ces schémas complétés, justifier les couleurs perçues par l'observateur quand la lampe est à l'extérieur, puis à l'intérieur de la coupe de Lycurgue.
6. En admettant que les propriétés du verre ne changent pas en fonction de la nature de la source qui l'éclaire, quelles seraient la couleur réfléchiée et la couleur transmise si la source de lumière qui éclaire la coupe de Lycurgue était : rouge, verte puis bleue ?



### Document 1

Un **filtre dichroïque** (du grec, littéralement «deux-couleurs») ou **filtre interférentiel** est un filtre dont les propriétés de transmission et de réflexion de la lumière dépendent fortement de la longueur d'onde.

En pratique, parmi les plages principales de longueurs d'onde de lumière « renvoyées » par le filtre on distingue la lumière réfléchie et la lumière transmise.



Les filtres colorés standards ne sont pas dichroïques: ils ne séparent pas la lumière en deux faisceaux (réfléchi et transmis) mais absorbent une partie du spectre lumineux.

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Filtre\\_dichroïque](https://fr.wikipedia.org/wiki/Filtre_dichroïque)

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

Formellement, le terme dichroïque qualifie tous les objets capables de séparer un faisceau lumineux en deux faisceaux dont les longueurs d'onde sont différentes.

Le verre n'est pas naturellement dichroïque. Cependant, il est possible d'obtenir des propriétés de dichroïsme en dopant le verre, c'est-à-dire en lui ajoutant de petites quantités d'impuretés (par une suspension colloïdale de métaux) ou par un traitement de surface multicouches (méthode la plus répandue actuellement).

## Document 3

Les filtres dichroïques ont été utilisés à de nombreuses reprises dans l'art. L'exemple le plus classique est probablement la coupe de Lycurgue, laquelle date du IV<sup>e</sup> siècle de notre ère.

Le verre a une couleur verte (longueur d'onde de l'ordre de 600 nm) lorsqu'il est illuminé depuis l'extérieur par une lampe à incandescence\*.

Lorsqu'on l'illumine de l'intérieur avec la même source, la lumière traverse le verre et la coupe de Lycurgue apparaît magenta.

Le verre constituant cette coupe contient une suspension colloïdale d'or et d'argent figés dans la matrice de verre.



Coupe de Lycurgue

\* Le spectre continu et visible d'émission d'une lampe à incandescence se situe entre les radiations de couleurs bleues de longueurs d'onde voisines de 400 nm et les radiations de couleurs rouges de longueurs d'onde voisines de 800 nm. Dans l'air, la vitesse des radiations lumineuses est proche de la célérité  $c$  de la lumière dans le vide avec  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ .