

# BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2016

---

Série STD ARTS APPLIQUÉS

**PHYSIQUE-CHIMIE**

---

DUREE DE L'EPREUVE : 2 heures

COEFFICIENT : 2

La calculatrice (conforme à la circulaire N°99-186 du 16-11-99) est autorisée.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

**IMPORTANT**

Ce sujet comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

**L'annexe page 9/9 est à rendre avec la copie.**

Assurez-vous qu'il est complet ; s'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous remettra un autre exemplaire.

# LES MIROIRS AU COURS DES ÂGES

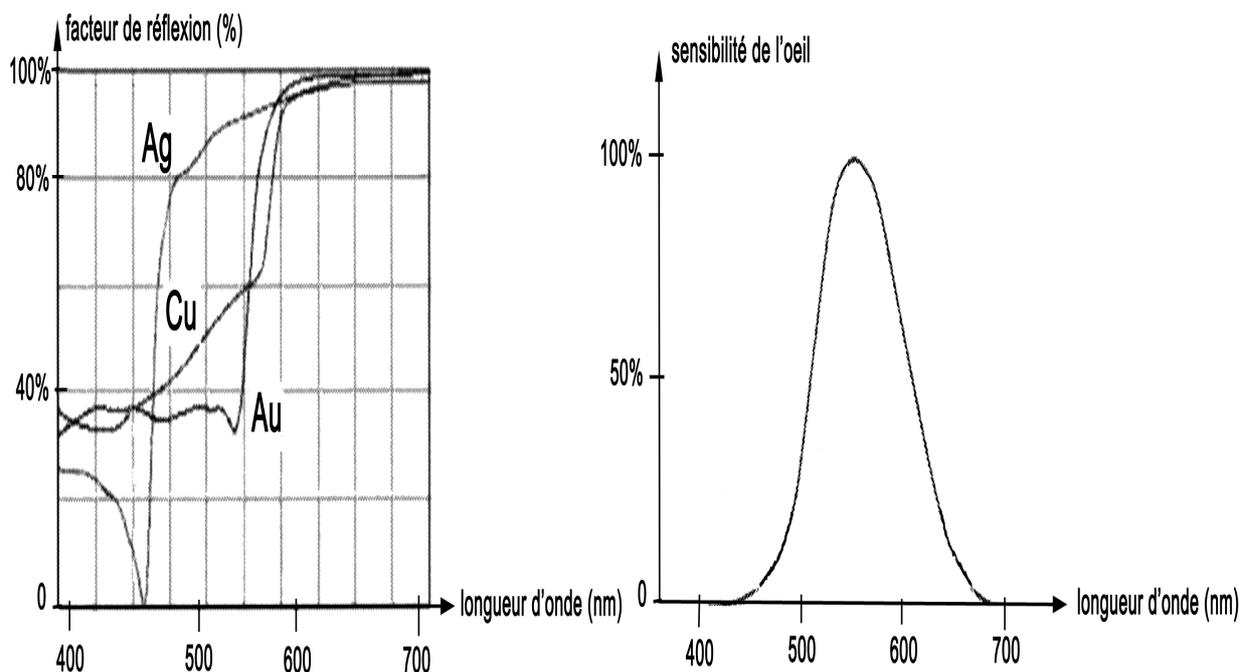
## Partie A. Les miroirs métalliques de l'Antiquité (4 points)

### Document 1

Les vieilles civilisations méditerranéennes, si éprises de beauté, Mycènes, la Grèce, les Étrusques, Rome, et avant elles l'Égypte, ont fabriqué des miroirs de métal, en utilisant le plus souvent un alliage de cuivre [symbole chimique : Cu] et d'étain [symbole chimique : Sn], le bronze (...). (...) Certains miroirs étaient en argent [symbole chimique : Ag], plus rarement en or [symbole chimique : Au], l'argenture ou la dorure étant posée à chaud. (...) Leurs propriétaires en avaient grand soin et les protégeaient de l'oxydation, des taches ou des éraflures par de petits rideaux dont les traces demeurent visibles dans les spécimens qui nous sont parvenus. (...) De fines éponges étaient fixées à côté, destinées à nettoyer le métal car il fallait le lustrer avant chaque emploi.

Sabine Melchior-Bonnet, *Histoire du miroir*, 1994

### Document 2



d'après : Évelyne Darque-Ceretti et Marc Aucouturier, *Dorure : décor et sublimation de la matière*, 2012

A.1. Les miroirs furent longtemps faits exclusivement de matériaux métalliques.  
Sur quelle propriété des matériaux métalliques le principe du miroir repose-t-il ?

A.2. Le cuivre, l'argent et l'or furent utilisés pour fabriquer les miroirs pendant l'Antiquité.  
L'argent et l'or sont des métaux *nobles*. Qu'est-ce que cela signifie ?

A.3. Le bronze est un alliage de deux éléments métalliques, le cuivre et l'étain.  
Citer un alliage où sont réunis des éléments métallique et non-métallique.

#### A.4. Miroirs en argent

A.4.1. Divers documents relatent l'utilisation de l'argenture pour la finition des miroirs durant l'Antiquité. À l'aide du document 2, expliquer pourquoi l'argent est très utilisé dans la fabrication des miroirs.

A.4.2. Malgré sa capacité à absorber certaines radiations visibles, l'argent est perçu sans coloration. Le spectre visible peut être grossièrement divisé en trois zones : celle du bleu (400-500 nm), celle du vert (500-600 nm) et celle du rouge (600-800 nm).  
Dans laquelle de ces trois zones l'argent absorbe-t-il ? Expliquer à l'aide du document 2.

A.4.3. En utilisant la courbe de sensibilité de l'œil en fonction de la longueur d'onde du document 2, proposer une explication au fait que l'argent est perçu sans coloration.

A.4.4. L'argent éclairé en lumière blanche réfléchit une lumière blanche. De quelles couleurs primaires est-elle constituée ? De quel type de synthèse s'agit-il ?

A.4.5. Comment appelle-t-on la partie photosensible de l'œil ?

## Partie B. Les miroirs de verre, entre le début du Moyen Âge et la Renaissance (13 points)

### B.1. Les miroirs de verre (2,5 points)

Les miroirs métalliques s'oxydent rapidement. Dès le I<sup>er</sup> siècle, les verriers développent des miroirs dans lesquels la surface métallique réfléchissante est protégée par un film de verre. Avant le XVI<sup>e</sup> siècle, ces miroirs n'étaient pas plans : après avoir versé un peu de plomb fondu au fond d'une boule de verre, l'artisan découpait ce fond et obtenait un petit miroir bombé comme ceux figurant dans diverses peintures flamandes des XV<sup>e</sup> et XVI<sup>e</sup> siècles.

#### Document 3

*Le verre est obtenu par fusion de sable siliceux additionné d'oxydes métalliques secs, réduits en grains ou en poudre. La fusion (...) de ces matières premières entraîne la formation d'une matière visqueuse dont la masse devient transparente et homogène à des températures supérieures à 1 000°C.*

Philippa Beveridge, Ignasi Doménech et Eva Pascual, *Le verre : art et techniques*, 2011

#### Document 4

*Le verre est un matériau transparent et cassant (...). Les céramiques ont souvent des compositions chimiques proches des verres. Mais elles sont formées de petits cristaux assemblés les uns aux autres par chauffage à haute température. Cette opération (...) conduit à un matériau polycristallin, et non pas amorphe comme le verre. Chaque petit grain cristallin diffuse la lumière, et le matériau n'est donc pas transparent.*

Jacques Livage, *Le verre*, La recherche, hors série « spécial physique », 2005

B.1.1. Pour fabriquer le verre minéral, on utilise comme matière première certains sables. Rappeler le nom du constituant principal de ces sables.

B.1.2. Le verre minéral est transparent du fait de sa structure amorphe. Donner la signification du mot *amorphe*.

B.1.3. Citer une différence entre le verre minéral et la céramique.

B.1.4. Dans un miroir utilisant l'association d'un métal et d'un verre, le film de verre assure une protection durable de la surface métallique réfléchissante.

Citer deux arguments justifiant le choix de ce matériau protecteur.

B.1.5. Comment nomme-t-on une telle association de deux matériaux non miscibles dont les propriétés se complètent ?

## B. 2. L'œuvre du peintre Jan van Eyck « *Portrait d'Arnolfini* » et son miroir bombé (10,5 points)

### B.2.1. Les informations révélées sous un rayonnement infrarouge (2 points)

*Portrait d'Arnolfini* est une œuvre peinte du XV<sup>e</sup> siècle où figure un miroir de verre bombé caractéristique de cette période. Elle a été l'objet d'analyses sous rayonnement infrarouge.

#### Document 7

*Portrait d'Arnolfini*, 1434, huile sur chêne de Jan van Eyck, Londres, The National Gallery



<http://www.nationalgallery.org.uk/paintings/jan-van-eyck-the-arnolfini-portrait>

#### Document 8

En traversant les couches supérieures du tableau, et particulièrement les bruns et les jaunes, la photographie en infra-rouge offre une image du tableau inachevé, celle du chef-d'œuvre en cours d'élaboration (...)(...)

L'étude sous ces radiations du *Portrait d'Arnolfini* peint par Van Eyck (...) a permis de mettre en évidence un repentir de l'artiste - la main droite du personnage était à l'origine dans une position un peu différente de celle qu'elle affecte maintenant.



Madeleine Hours, *Analyse scientifique et Conservation des Peintures*, 1976

#### Données

- vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide :  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- constante de Planck :  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
- énergie d'un photon associée à une radiation de longueur d'onde  $\lambda$  :  $E = h \times \frac{c}{\lambda}$
- $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

B.2.1.1. On admet que le rayonnement infrarouge, utilisé lors de cette analyse, a une longueur d'onde  $\lambda = 900 \text{ nm}$ .

B.2.1.1.a. Rappeler l'unité d'énergie du système international (nom et symbole).

B.2.1.1.b. Calculer l'énergie E des photons associés à ce rayonnement.

B.2.1.1.c. Qu'apporte l'étude sous rayonnement infrarouge lors de l'analyse de l'œuvre ?

B.2.1.2. L'analyse sous rayonnement *infrarouge* est complémentaire de celle menée sous rayonnement *ultraviolet* et elle doit être confirmée par une analyse sous rayons X.

B.2.1.2.a. La longueur d'onde d'un rayonnement ultraviolet est-elle supérieure ou inférieure à celle d'un rayonnement infrarouge ?

B.2.1.2.b. L'énergie d'un photon associé à un rayonnement ultraviolet est-elle inférieure ou supérieure à celle associée à un rayonnement infrarouge ? Expliquer sans calcul.

## B.2.2. La technique picturale de Jan van Eyck (2 points)

### Document 9

Vers 1410, deux peintres flamands, les frères VAN EYCK, s'intéressent à la fragilité des peintures à la détrempe ou à la tempera. A force d'expérimentation, différentes huiles crues et cuites sont testées, associées à de la résine, puis à des pigments. (...)

Xavier de Langlais, auteur d'un célèbre ouvrage de référence sur la peinture à l'huile (...), dit de cette fameuse recette Van Eyck :

Un liant très gras et riche en résine : le liant était composé de 2 types d'huile : une huile cuite et une huile crue, auxquelles était ajoutée une résine dure dissoute (...).

Un diluant peu volatil et enrichi de résine tendre : l'essence d'aspic, issue de la lavande, associée à la résine du mélèze donnait un diluant peu volatil (...).

Cette recette confère donc à la peinture à l'huile ses caractéristiques : sa richesse en huile induit une siccation lente et sa richesse en résine donne brillance et transparence aux couches picturales. La peinture à l'huile, de par sa lenteur de prise, permet de réaliser des détails et des modelés, qu'aucune autre technique n'égalait à l'époque. La résine dans la peinture rend indélébiles les couches les unes par rapport aux autres, ce qui autorise des superpositions transparentes, apportant une profondeur et un réalisme complètement nouveaux. Cette technique appelée « glacis » se développa peu à peu dans toute l'Europe.

Lefranc & Bourgeois, *Guide de la peinture à l'huile*, 2003

La formulation d'une peinture comporte au moins un *pigment*, un *liant* et un *solvant*. Le mot « diluant » remplace parfois *solvant* mais ils n'ont pas exactement le même sens.

B.2.2.1. Qu'est-ce qu'un pigment ?

B.2.2.2. Indiquer ce qui différencie un liant d'un solvant lors du séchage.

B.2.2.3. Citer un liant et un solvant (diluant) utilisés par les frères Van Eyck.

## B.2.3. La prise de vue de l'œuvre sous rayonnement infrarouge (6,5 points)

### Document 10

La source de rayonnement infrarouge la plus satisfaisante pour la photographie est (...) la lampe électrique à incandescence. (...)

Pour effectuer la prise de vue, tout bon appareil est utilisable. Quelques précautions cependant devront être prises. (...)

**La distance focale d'un objectif varie avec la longueur d'onde de la lumière. Elle est légèrement plus grande pour les infra-rouges que pour le visible.** Il faut donc reculer le plan film par rapport à la position de mise au point en lumière visible. Si l'on ne peut pas employer une faible ouverture de diaphragme, qui accroisse suffisamment la profondeur de champ (...), il faut déterminer la correction nécessaire en effectuant une série d'essais. (...)  
En principe, cette correction cesse d'être nécessaire, lorsqu'on diaphragme fortement (...).

Madeleine Hours, *Analyse scientifique et Conservation des Peintures*, 1976

## Données

Le sélecteur du nombre d'ouverture d'un appareil photographique, porte les indications suivantes :

4 5,6 8 11 16 22 32

Le sélecteur du temps de pose d'un appareil photographique, porte les indications suivantes :

1 2 4 8 15 30 60 125 250 500 1000

B.2.3.1. Une émulsion photographique est constituée de microscopiques grains photosensibles d'halogénures d'argent, emprisonnés dans un liant à base de gélatine.

B.2.3.1.a. Lorsque l'émulsion est exposée, il s'y forme une image indécélable pour l'œil humain, car constituée d'un nombre faible d'atomes d'argent.

Comment appelle-t-on cette « image invisible » ?

B.2.3.1.b. Pour rendre cette image observable, on accroît le nombre d'atomes d'argent dans les zones exposées de l'émulsion, à l'aide d'une transformation chimique.

Comment appelle-t-on ce procédé d'« amplification chimique » ?

B.2.3.2. On a schématisé l'image A'B' d'un tableau AB à travers un objectif constitué d'une lentille mince convergente  $L$  de centre optique  $O$  et d'axe optique  $\Delta$  perpendiculaire au tableau. **Voir schéma sur l'annexe page 9/9 à rendre avec la copie.**

On note  $F_1$  le foyer objet de  $L$  pour des rayons du domaine visible et  $F_2$  le foyer objet de  $L$  pour des rayons du domaine infrarouge.

B.2.3.2.a. En utilisant le document 10, justifier la position de  $F_2$  par rapport à  $F_1$ .

B.2.3.2.b. Tracer les rayons permettant de trouver la position de l'image A"B" du tableau AB éclairé par des **rayons infrarouges**.

B.2.3.2.c. Expliquer en quoi la nouvelle position de l'image est en accord avec le document 10.

B.2.3.3. La correction de mise au point lors du changement d'éclairage s'avère facultative si l'on augmente suffisamment la profondeur de champ.

B.2.3.3.a. En quoi consiste la mise au point ? Que se passe-t-il dans l'appareil lorsqu'on effectue ce réglage manuellement ?

B.2.3.3.b. Qu'appelle-t-on *profondeur de champ* en photographie ?

B.2.3.3.c. Pour augmenter la profondeur de champ, doit-on augmenter ou diminuer le nombre d'ouverture  $N$  ?

B.2.3.4. Lors d'essais visant à déterminer une exposition correcte et une profondeur de champ satisfaisante, on prend une photographie avec le couple (8 ; 125).

Pour faire varier la profondeur de champ, on veut prendre une autre photographie en réglant le nombre d'ouverture  $N$  sur 11.

B.2.3.4.a. Quelle est la conséquence sur l'image si on conserve le même temps de pose ?

B.2.3.4.b. Quel nouveau temps de pose faut-il choisir si l'on veut obtenir la même exposition qu'avec le couple (8 ; 125) ? Justifier.

## Partie C. Les miroirs de verre depuis la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle (3 points)

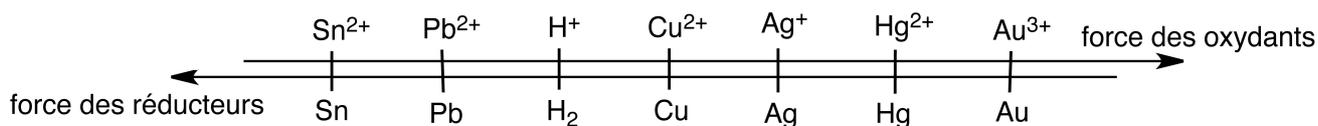
Au XVI<sup>e</sup> siècle, les verriers parviennent à fabriquer un verre sous la forme de plaques planes et fines, et à appliquer le métal à froid : on utilise l'étain mélangé à du mercure, ce dernier étant ensuite éliminé. En 1835, on découvre une technique d'application de l'argent à froid, ne nécessitant plus le recours au mercure dont les vapeurs sont toxiques.

### Document 5

En solution aqueuse de nitrate d'argent, les ions  $Ag^+$ , complexés par l'ammoniac, sont réduits par du formaldéhyde, de l'hydrazine, du glucose ou du tartrate double de sodium et de potassium (sel de Rochelle). (...) Enfin une fine couche de cuivre est déposée selon le même procédé de réduction d'une solution de sel de cuivre. Le cuivre joue le rôle d'anode sacrificielle afin de protéger l'argent de la corrosion.

<http://www.societechimiquedefrance.fr/extras/Donnees/metaux/argent/cadarg.htm>

### Document 6



C.1. En admettant que la réaction fait intervenir l'ion  $Ag^+$ , c'est-à-dire en omettant le rôle de l'ammoniac par souci de simplification, le couple redox de l'argent mis en jeu est :  $Ag^+/Ag$ .

C.1.1. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction correspondante.

C.1.2. Dans ce couple, l'ion  $Ag^+$  est-il l'oxydant ou le réducteur ? Justifier.

C.2. On admet que la réaction fait intervenir le glucose, de formule  $C_6H_{12}O_6$ . Le second couple mis en jeu a pour demi-équation d'oxydoréduction :



Établir l'équation de la réaction chimique d'oxydoréduction entre l'ion  $Ag^+$  et le glucose de formule  $C_6H_{12}O_6$ .

C.3. Une fine couche de cuivre déposée sur la surface libre du film d'argent du miroir est susceptible de protéger l'argent de la corrosion.

C.3.1. Montrer, à l'aide du document 6, que l'on peut remplacer le cuivre par le plomb pour réaliser cette protection.

C.3.2. La protection de la couche d'argent par le cuivre est-elle durable ? Expliquer.

## Annexe à rendre avec la copie

