

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2018

---

**Série STD2A**

Sciences et Technologies du Design et des Arts Appliqués

## PHYSIQUE-CHIMIE

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2 heures

COEFFICIENT : 2

L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

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

### **IMPORTANT**

Ce sujet comporte 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7  
Assurez-vous qu'il est complet ; s'il est incomplet, veuillez le signaler au surveillant de la salle qui vous remettra un autre exemplaire.

## La cathédrale Notre-Dame de Chartres

Édifiée en moins de trente ans, entre 1194 et 1225, pour remplacer l'édifice précédent détruit par un incendie, la cathédrale Notre-Dame de Chartres, chef-d'œuvre de l'art gothique, est l'une des plus vastes de France. Ses vitraux, pour l'essentiel du XIII<sup>e</sup> siècle, constituent la collection la plus riche en France par leur ancienneté et leur beauté. Entre 1200 et 1235, toute une génération de maîtres verriers a exécuté 172 vitraux qui représentent une surface de plus de 2000 m<sup>2</sup>. Les importantes différences de style s'expliquent par la contribution de nombreux artistes.

### Partie A - Photographie de la cathédrale de Chartres (7 points)

#### Document 1 - Fiche technique de l'appareil photographique

Reflex numérique + zoom 18 - 105 mm

- Obturateur : 1/4000 s à 30 s
- Type capteur : CCD
- Taille : 23,1 mm x 15,4 mm
- Nombre de pixels : 4608 x 3072
- Sensibilité : 100 – 3200 ISO
- Enregistrement d'images en RVB (8 bits par couleur)  
1 octet = 8 bits. Chaque couleur est codée sur 1 octet.

#### Document 2 - Cliché de la cathédrale de Chartres pris par un touriste



Taille de la cathédrale :  
Hauteur : 115 m  
Longueur : 130 m.

Nombre de pixels : 640 x 480  
Taille de l'image : 16,9 cm x 12,7 cm  
1 pouce = 2,54 cm

<http://www.abcfraçais.com/la-cathedrale-gothique-de-chartres/>

- A.1. Indiquer la particularité du système de visée « Reflex ».
- A.2. Expliquer l'expression « définition » d'un capteur. Déterminer la valeur de la définition du capteur présent dans cet appareil photographique.
- A.3. Préciser le type de synthèse colorimétrique utilisé pour afficher l'image sur l'écran LCD de cet appareil.
- A.4. Donner la signification des trois lettres « RVB ».
- A.5. Déterminer le nombre d'octets nécessaires pour coder une image formée sur le capteur.
- A.6. Un touriste placé à la distance de 140 m décide de prendre une photo de la cathédrale. Il règle le zoom et choisit une focale  $f'$  de 18 mm.
- A.6.1. Indiquer à quelle catégorie d'objectifs appartient cette focale de 18 mm.
- A.6.2. Déterminer par le calcul la valeur de la distance de l'objectif à la position de l'image de la cathédrale. Préciser, en justifiant la réponse, si ce résultat était prévisible sans calcul.
- A.6.3. En déduire la hauteur de l'image de la cathédrale.

**Données** : relations de conjugaison et du grandissement pour une lentille mince

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'} = \frac{1}{f'} \qquad \gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

- A.7. En mode automatique, l'appareil conseille les réglages suivants : 1/125 s et  $f/8$ .
- A.7.1. Donner la signification de ces valeurs.
- A.7.2. Le touriste choisit le réglage : 1/250 s et  $f/8$ . Proposer un commentaire.
- A.7.3. Pour avoir une exposition correcte, il décide de changer la sensibilité du capteur qui était de 100 ISO. Proposer le choix pertinent consistant à augmenter ou à diminuer la sensibilité du capteur en justifiant ce choix.
- A.8. L'un des clichés pris par le touriste se trouve dans le document 2.
- A.8.1. Définir la résolution d'une image numérique.
- A.8.2. Déterminer la résolution, en pixels par pouce, de cette image dans le format choisi.

## Partie B - Les vitraux, coloration et altération (8,5 points)

### B.1 - La coloration du vitrail

Le vitrail est une composition translucide faite de pièces de verre, en général colorées, assemblées à l'aide de plombs et d'une armature de fer ou à l'aide d'un ciment, et servant à clore une baie, voire à créer une vaste paroi lumineuse et décorative. (D'après la définition du dictionnaire Larousse)

#### Document 3 - La coloration du verre

La coloration directe : la couleur est donnée en ajoutant des mélanges d'oxydes métalliques qui absorbent certaines longueurs d'onde de la lumière.

La tonalité et l'intensité d'une coloration dépendent de la nature et de la quantité des colorants ainsi que de la composition du verre lui-même (sodique ou potassique).

Quelques exemples de colorants utilisés :

- bleu : oxydes de cobalt et de manganèse ;
- jaune : sels d'argent ;
- rouge : oxyde de cuivre ;
- violet : oxyde de manganèse.

Lors de la fusion, il faut introduire dans la composition du verre la couleur complémentaire à l'oxyde métallique déjà présent pour faire tendre la teinte de la masse vitreuse vers le gris clair.

D'après [www.infovitrail.com](http://www.infovitrail.com)

#### Document 4 - La peinture sur verre

La *grisaille* est une couleur vitrifiable composée d'un pigment et d'un fondant. Sa composition peut varier en fonction du pigment utilisé. Le pigment est un oxyde métallique et le fondant est un verre fusible qui fond lors de la cuisson des pièces peintes. Ces deux composants sont présentés sous forme de poudres pulvérisées miscibles entre elles. La grisaille est généralement utilisée pour dessiner un trait opaque en complément du chemin de plomb.

La composition de la peinture est décrite ci-dessous.

##### **Les diluants**

La grisaille est diluée avec différents véhicules selon l'utilisation :

- le vinaigre pour l'opacité ;
- l'eau pour la transparence ;
- l'essence de térébenthine pour un aspect brillant ;
- le lait qui fait double emploi, diluant et liant, pour un aspect laiteux.

##### **Les liants**

- la gomme arabique (certaines grisailles sont déjà gommées par le fabricant) ;
- le sucre glace.

##### **Les pigments**

- oxyde de cobalt + alumine : vert
- aluminat de cobalt : bleu
- oxyde de fer  $Fe_3O_4$  : noir ordinaire

D'après [www.infovitrail.com](http://www.infovitrail.com)

- B.1.1. Indiquer le principal constituant du verre minéral.
- B.1.2. Préciser pourquoi le verre est dit matériau « amorphe ».
- B.1.3. Citer la différence essentielle entre un colorant et un pigment.
- B.1.4. Décrire comment se comportent les matières colorantes vis-à-vis de la lumière qu'elles reçoivent.
- B.1.5. Indiquer, en illustrant la réponse, si les matières colorantes utilisées sont minérales ou organiques.
- B.1.6. Préciser quels sont les deux autres constituants de la peinture utilisés avec les pigments. Décrire leurs rôles.
- B.1.7. On peut décolorer le verre en introduisant lors de sa fusion une autre matière colorante. Choisir, en explicitant le choix, la couleur de l'autre matière colorante utilisée si le verre a initialement une teinte verte.

## B.2 - L'altération des vitraux

### Document 5 - Les altérations de l'armature

L'armature du vitrail, le plus souvent en fer ou en acier, est généralement constituée d'un réseau de fers principaux de section rectangulaire, les barlotières. Sous l'effet des eaux de ruissellement et bien souvent d'un mauvais entretien, ces barlotières s'oxydent et ne soutiennent plus correctement les panneaux. Ceux-ci vont donc se déformer, se bomber, provoquant parfois des dessertissements et des casses de verres.

*D'après [www.culture.gouv.fr](http://www.culture.gouv.fr)*

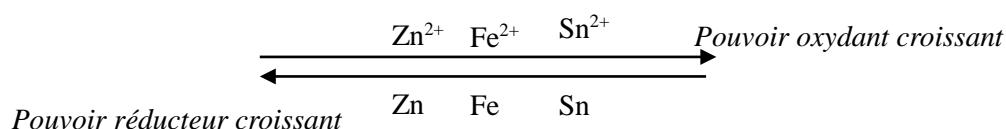
### Document 6 - Protection anticorrosion des fers et aciers

Le traitement doit être appliqué sur la totalité de l'armature, y compris sur la partie prise dans le scellement (à l'exception des scellements au plomb). La protection se fait en trois étapes.

1. Les fers et aciers doivent être soigneusement nettoyés (décalaminés) :
  - soit en laissant le métal s'oxyder à l'air libre plusieurs mois, puis en le brossant à la brosse métallique ;
  - soit par sablage ou grenailage, si l'on n'a pas laissé le métal s'oxyder.
2. La deuxième étape consiste en l'application d'une couche de métal anodique par rapport au fer, dont le plus courant est le zinc :
  - par projection au pistolet (métallisation) ;
  - par immersion dans un bain de zinc fondu (galvanisation), pour les fers neufs ou sans valeur historique.
3. La peinture anticorrosion est ensuite appliquée.  
Toute peinture anticorrosion est constituée de plusieurs couches, renforçant l'imperméabilité, contenant des pigments, des colorants et résistant aux UV.

*D'après [www.culture.gouv.fr](http://www.culture.gouv.fr)*

**Donnée :**



- B.2.1. Citer les deux principaux constituants des aciers.
- B.2.2. Indiquer les deux principaux facteurs nécessaires à la corrosion du fer.
- B.2.3. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction correspondant à la transformation du métal fer dans l'armature du vitrail. Préciser si elle traduit une oxydation ou une réduction.
- B.2.4. La corrosion du fer engendre la formation d'un mélange d'oxydes et d'hydroxydes de fer. Donner le nom de ce mélange.
- B.2.5. Citer les trois principales étapes de la protection de l'armature en fer.
- B.2.6. Expliciter la galvanisation.
- B.2.7. Expliquer pourquoi le fer contenu dans l'armature peut être protégé par une couche de zinc.
- B.2.8. Suite à un choc, la couche de zinc disparaît localement, si bien que le fer est à nouveau en contact avec l'air atmosphérique humide. Analyser si le fer est toujours protégé.

### **Partie C - La restauration des vitraux (4,5 points)**

Dans le cadre de l'étude préalable à la restauration de la baie 107 de la cathédrale de Chartres, le LRMH (laboratoire de recherche des musées de France) a été sollicité. La question concernait la difficulté de nettoyage de dépôts blancs observés en face interne sur de nombreuses pièces de verre.

#### **Document 7 - Nettoyage des dépôts blancs**

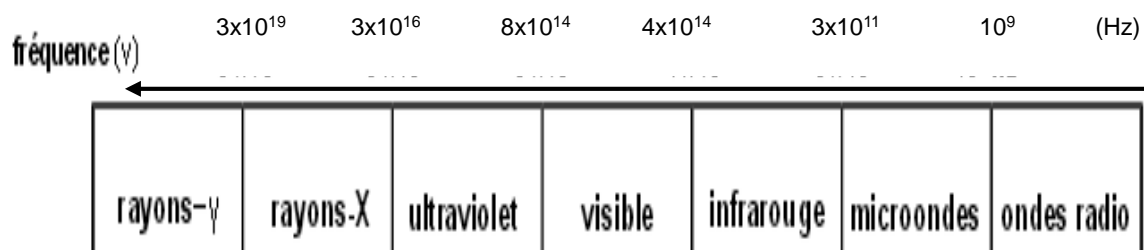
De nombreux vitraux anciens présentaient un dépôt blanc dont la nature était visuellement difficile à identifier. Pour en connaître la nature et ainsi adapter le traitement, il a donc été nécessaire d'effectuer plusieurs types d'analyse.

Les observations et analyses ont été réalisées à l'aide du microscope électronique à balayage MEB associé à l'analyse qualitative par spectrométrie de rayons X, avec un détecteur à dispersion d'énergie EDS. Cette méthode de microscopie permet également de voir la morphologie du dépôt. Des analyses en spectroscopie infrarouge et en fluorescence X ont également été effectuées pour compléter l'étude.

L'analyse du dépôt blanc avec l'aide du MEB/EDS, de la spectroscopie infrarouge et de la fluorescence X conduit à la conclusion que ce dépôt blanc est une phase très riche en silicate, avec des éléments mineurs (Pb, Ca, K, Fe, Cu). On a donc affaire à une grisaille très diluée sur un verre vert, riche en fer et en cuivre. La présence de calcium et de carbonate atteste qu'il existe également des restes de carbonate de calcium provenant du masticage.

*D'après [www.lrmh.fr](http://www.lrmh.fr)*

**Document 8 :**



La fréquence  $\nu$  et la longueur d'onde  $\lambda$  sont reliées par la relation :  $\nu = c / \lambda$

Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$

Energie d'un photon de fréquence  $\nu$  :  $E = h.\nu$

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

- C.1. Déterminer la nature des deux rayonnements utilisés pour l'analyse spectroscopique des dépôts blancs.
- C.2. Préciser, sans calcul, lequel des deux rayonnements est le plus énergétique.
- C.3. Déterminer les longueurs d'onde minimale et maximale des rayonnements infrarouge.
- C.4. Déterminer les informations révélées par l'analyse du dépôt blanc.
- C.5. Donner un autre exemple d'utilisation de la spectrométrie infrarouge dans le cadre de l'analyse d'œuvres d'art.