

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2017

Série STD ARTS APPLIQUÉS

PHYSIQUE-CHIMIE

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 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 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

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

Le document réponse, page 10/10, est à rendre avec la copie.

LES VITRAUX

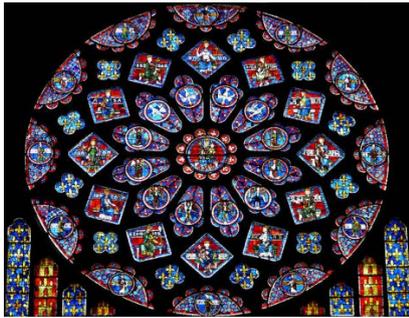
Un vitrail est un ensemble de pièces de verre colorées ou non, et assemblées principalement par des plombs.

Lorsqu'un vitrail est fixé dans une baie d'un bâtiment, il constitue une verrière.

C'est aussi, selon l'historien Jean Lafond, "une composition décorative qui tire son effet de la translucidité de son support".

En voici quelques illustrations :

Vitrail Rose du transept nord
Cathédrale de Chartres



*photo : Mossot
Wikimedia Commons*

Vitrail "Le Printemps"
Eugène Grasset , Félix Gaudin



*photo: Laurent Sully Jaulmes
© les Arts Décoratifs*

Vitrail Palau de la Música Barcelone
Domenech i Montaner



photo Wikimedia Commons

Vitraux à l'université centrale du Venezuela.
Fernand Léger



photo Wikimedia Commons

L'étude proposée porte sur quelques propriétés des verres d'un vitrail et d'une verrière, sur les différents métaux utilisés, et sur la réalisation d'une image photographique d'un élément de vitrail.

Les parties A, B, C sont indépendantes.

Partie A : Le verre des vitraux (6,5 points)

A.1. Fabrication et structure d'un verre

Document 1 : Fabrication du verre

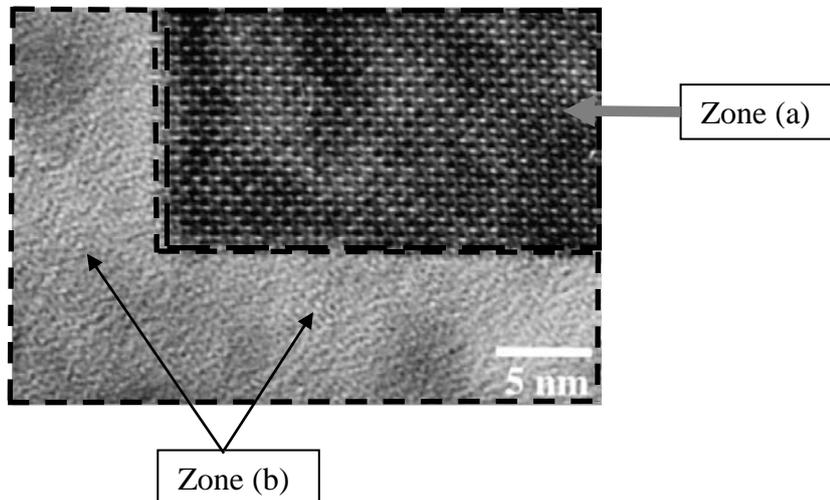
" Le verre est issu de la fusion de la silice SiO_2 , qui ne fond qu'à une température très élevée (1800 °C), difficile à atteindre dans un four classique ...
Mais en ajoutant du natron*, celui-ci abaisse la température de fusion de la silice vers 1300 °C, jouant ainsi un rôle de fondant du verre."

" La richesse des couleurs est obtenue par une technique aujourd'hui encore largement utilisée, qui consiste à introduire dans la matrice verrière des ions métalliques de la famille des métaux de transition, tels que le cuivre, le titane, le vanadium ..."

* Le natron est un nom ancien du carbonate de sodium hydraté ($\text{Na}_2\text{CO}_3, 10 \text{H}_2\text{O}$).

*La chimie et l'art - L'art du verrier
Jean-Claude Lehmann – 2010.*

Document 2 : Image par microscopie électronique de la jonction entre une zone cristalline et une zone amorphe dans une céramique à base de silice.



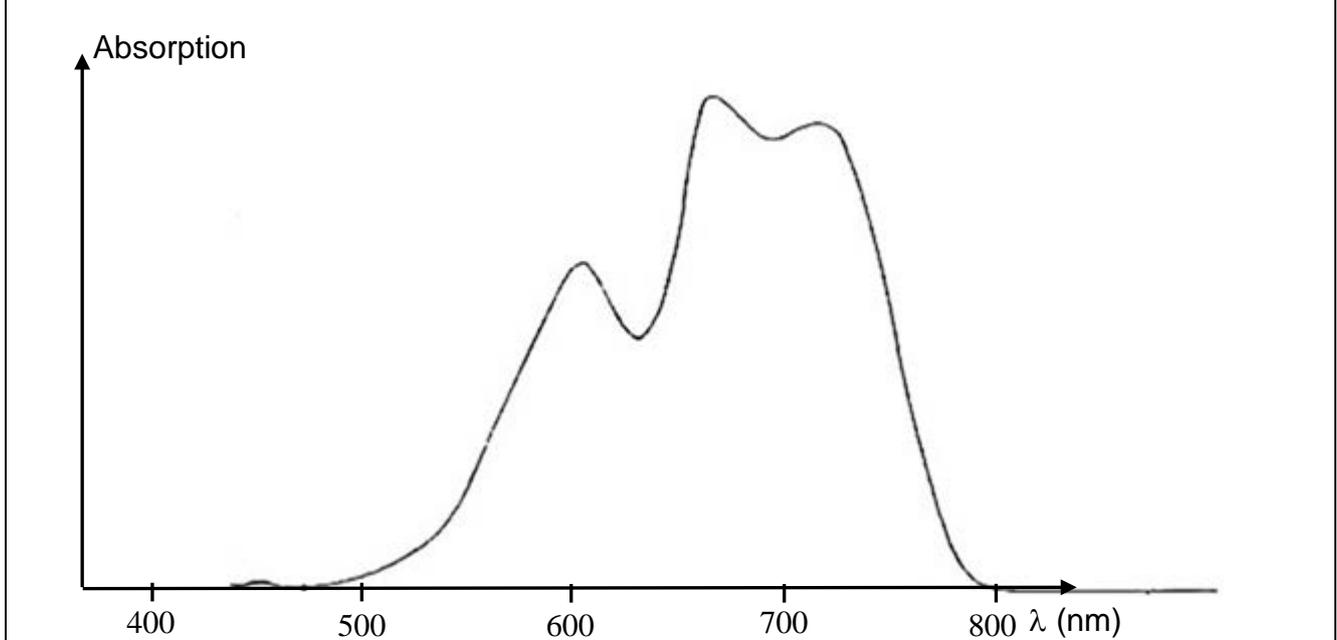
document L. MAZEROLLES et D. MICHEL - CECM - VITRY-SUR-SEINE

- A.1.1. Nommer le principal constituant du verre.
- A.1.2. Quel est l'intérêt du "fondant" mélangé à ce constituant lors de cette fabrication ?
- A.1.3. Identifier la zone cristalline et la zone amorphe du document 2. Justifier brièvement.
- A.1.4. La structure microscopique d'un verre est-elle cristalline ou amorphe ?
- A.1.5. L'obtention d'un verre ou d'une céramique a pour point commun d'être réalisée à partir d'une poudre minérale. Indiquer la différence entre ces deux procédés d'élaboration.

A.2. Couleur d'un verre teinté dans la masse

Le verre d'un vitrail peut être teinté dans sa masse en ajoutant un oxyde métallique dans la pâte de verre en fusion. On s'intéresse à la couleur d'un verre teinté à l'oxyde de cobalt.

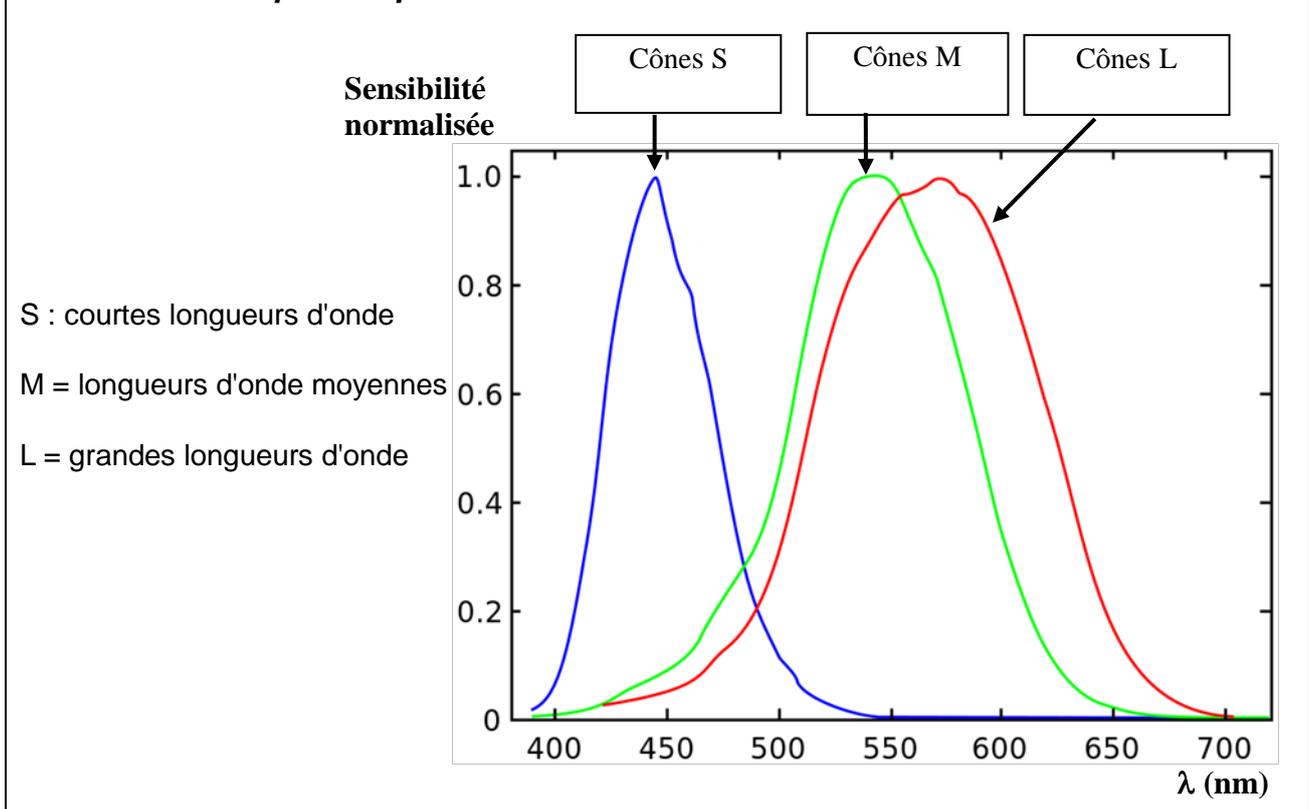
Document 3 : Spectre d'absorption d'un verre coloré à l'oxyde de cobalt



Document 4 : Limites approximatives des différentes nuances colorées du spectre de la lumière blanche

λ (nm)	380-450	450-495	495-570	570-590	590-620	620-750
couleur	Violet	Bleu	Vert	Jaune	Orange	Rouge

Document 5 : Réponse spectrale normalisée des cônes de la rétine



- A.2.1. En utilisant les documents 4 et 5 et vos connaissances, répondre aux questions ci-dessous :
- A.2.1.1. Pourquoi suffit-il de trois couleurs primaires pour créer toutes les sensations colorées perçues par l'œil ?
- A.2.1.2. Nommer ces trois couleurs utilisées pour la synthèse additive.
- A.2.2. D'après les documents ci-dessus, quelles sont les couleurs les plus absorbées par le verre teinté à l'oxyde de cobalt ?
- A.2.3. Quelle sera l'apparence colorée de ce verre traversé par une lumière incidente blanche ? Justifier brièvement.
- A.2.4. Quelle serait la teinte de ce verre traversé par la lumière incidente rougeâtre du soleil couchant ?

A.3. Coloration d'un verre en surface

L'apport d'une couleur et le tracé d'un dessin durables sur un vitrail sont traditionnellement réalisés avec le "jaune d'argent" et la "grisaille" décrits dans le document 6.

Document 6 : La grisaille et le jaune d'argent

Jaune d'argent

Mélange de sels d'argent et d'ocre jaune neutre. Permet de colorer un verre blanc en jaune, par un processus de cémentation. Le ciment est un métal ou un alliage qui diffuse certains de ses éléments plus ou moins profondément dans le verre lors du chauffage. Il se pose sur la face externe du verre et sur la face interne et se cuit comme une grisaille.

Grisaille

Préparation destinée à peindre le verre, composée d'un oxyde métallique (de cuivre ou de fer) associé à un fondant broyé très fin, composé de silicate de plomb. Ce mélange est ensuite délayé avec du vinaigre, de l'eau additionnée de gomme arabique ou de l'essence de térébenthine de façon à obtenir une solution plus ou moins épaisse.

C'est une couleur vitrifiable pouvant donner différentes couleurs selon le pigment choisi.

Manuel de conservation, restauration et création de VITRAUX , Isabelle PALLOT-FOSSART

- A.3.1. Le jaune d'argent et la grisaille s'appliquent sur le verre comme une peinture. Quel traitement fait-on subir au verre, recouvert par ces produits, pour obtenir une teinte plus durable qu'une peinture ?
- A.3.2. La grisaille produit en fin de traitement une mince couche colorée et transparente sur le vitrail. À quel type de matériau est-elle assimilable ?
- A.3.3. En fonction des conditions expérimentales, le jaune d'argent produit dans le verre une teinte de jaune claire à brun sombre.
La teinte sombre pourrait en partie s'expliquer par la formation d'atomes d'argent Ag par interaction avec les molécules voisines et sous l'action de la lumière.
Écrire la demi-équation d'oxydoréduction rendant compte de la formation d'atomes d'argent à partir des ions argent apportés.

Partie B : Les métaux d'un vitrail (6 points)

B.1. Le plomb

Au contact de l'air atmosphérique, la surface du plomb devient terne. Cela est dû à la formation spontanée d'oxydes de plomb assurant une passivation du métal.

B.1.1. L'oxyde principalement formé est un composé ionique de formule PbO électriquement neutre, qui contient l'ion oxyde O^{2-} .

Quelle est la formule de l'ion plomb présent dans cet oxyde ?

B.1.2. Écrire l'équation de la réaction chimique entre le plomb et le dioxygène conduisant à la formation de l'oxyde PbO .

B.1.3. Lors de cette transformation, le métal plomb a-t-il subi une oxydation ou une réduction ?

B.1.4. Expliquer l'expression "passivation du métal".

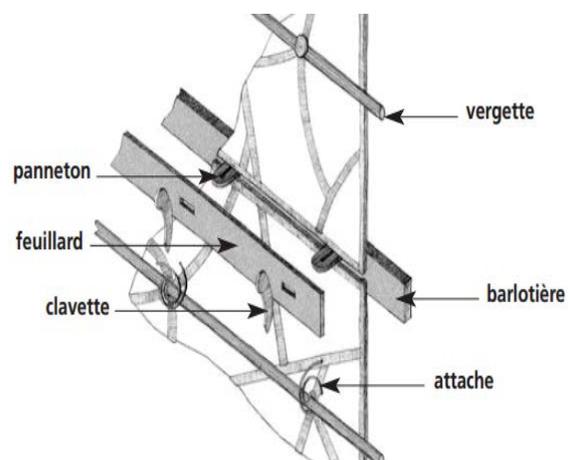
B.2. L'acier de la verrière

La fixation du vitrail dans une baie est réalisée avec différentes pièces métalliques désignées dans le schéma ci-contre.

Ces pièces constituent l'armature de la verrière : elles sont généralement en acier ordinaire et sont sujettes à la corrosion atmosphérique.

La corrosion de l'acier sera assimilée à celle du fer, associée au couple oxydant/réducteur : Fe^{2+}/Fe

Document 7 : Structure d'une verrière

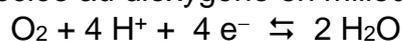


Principe de pose de panneaux de vitrail sur une armature métallique traditionnelle. (©. E. Pallot).

B.2.1. Nommer les constituants atmosphériques responsables de la corrosion de l'acier.

B.2.2. Écrire la demi-équation électronique traduisant la transformation subie par le fer lors de sa corrosion.

B.2.3. La demi-équation redox associée au dioxygène en milieu humide est la suivante :

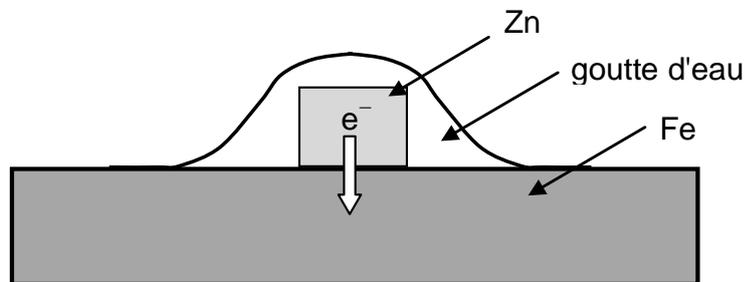


En déduire l'équation de la réaction chimique se produisant entre le fer et le dioxygène.

B.3. Protection de l'acier

On peut protéger l'acier par un revêtement anticorrosion composé principalement d'une couche primaire riche en poudre de zinc et en phosphate de zinc, et d'une couche de finition contenant principalement un liant organique, des pigments et un solvant.

Document 8 : Transfert spontané d'électrons entre le zinc et le fer en contact, en milieu humide



B.3.1. En milieu humide, la poudre de zinc au contact du fer conduit à un transfert d'électrons spontané du zinc vers le fer, selon l'équation : $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2 e^-$
Le principe de ce dispositif est schématisé sur le document 8. Il montre le mouvement des électrons.

B.3.1.1. Nommer le type de réaction que subit le métal zinc.

B.3.1.2. Indiquer pourquoi, dans ces conditions, il ne peut pas se produire d'oxydation sur le fer.

B.3.2. Si des ions fer parvenaient à se former, ils s'associeraient aux ions phosphates de la couche primaire pour donner du phosphate de fer insoluble et imperméable.
Indiquer brièvement pourquoi cela contribuerait aussi à la protection du fer contre la corrosion.

B.3.3. La peinture de finition complète la protection après son séchage.
En quoi consiste le « séchage » d'une peinture ?

Partie C : Photographie d'un vitrail (7,5 points)

Le document 9 représente la photographie d'un petit vitrail décoratif suspendu devant l'une des vitres transparentes d'une fenêtre. À travers les autres vitres, on observe, en arrière-plan de la photo, un mur et un arbuste flous.

Document 9 : Photographie d'un petit vitrail



Vitraux in Charles Dickens house
<https://www.flickr.com/photos/enemilimetros>

Paramètres de prise de vue :
focale : 100 mm
nombre d'ouverture : 4
temps d'exposition : 1/500
sensibilité ISO : 800

Données

Suites normalisées utilisées en photo :

nombres d'ouverture : 1,4 - 2 - 2,8 - 4 - 5,6 - 8 - 11 - 16

temps d'exposition (en s) : 1/30 - 1/60 - 1/125 - 1/250 - 1/500 - 1/1000

Relation de conjugaison et formule du grandissement :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} \quad \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

L'image étudiée, issue d'un appareil numérique, a les caractéristiques suivantes :

Définition : 1608 × 1060 pixels

Codage des couleurs : RVB 24 bits.

Résolution : 72 ppp

1 ppp = 1 point par pouce

1 pouce = 2,54 cm

Une couleur R, V, ou B est codée sur 8 bits :

8 bits représentent 1 octet

1 octet permet d'obtenir 256 valeurs entières de 0 à 255.

La valeur 255 correspond à la luminance maximale pour un luminophore R, V, ou B.

La valeur 0 correspond à l'extinction d'un luminophore R, V, ou B.

C.1. Paramètres de prise de vue

- C.1.1. Indiquer si la profondeur de champ apparaît grande ou faible sur cette photographie. Justifier brièvement.
- C.1.2. Pour une même distance de prise de vue et pour la même focale de l'objectif, quel paramètre permettrait de modifier la profondeur de champ ? Préciser dans quel sens agit ce paramètre.
- C.1.3. La sensibilité du capteur de l'appareil photographique est inchangée. On choisit un nombre d'ouverture égal à 8. Quelle valeur du temps d'exposition permettrait de conserver une même exposition de cette photo ? Justifier brièvement.

C.2. L'obtention d'une image avec un appareil photo

Le document réponse de la page 10/10, à rendre avec la copie, représente un objet AB placé devant l'objectif assimilé à une lentille mince de centre O et de foyers F et F'. L'échelle est fournie sur le document à titre indicatif.

- C.2.1. Construire sur le document réponse l'image A'B' de l'objet AB.
- C.2.2. Indiquer sur ce tracé, sans calcul, où doit se trouver le capteur de l'appareil photo.
- C.2.3. Déterminer par la méthode de votre choix une valeur approchée du grandissement pour cette construction.

C.3. Image numérique

- C.3.1. Que représente un pixel dans une image numérique ?
- C.3.2. Donner brièvement le principe d'obtention de toutes les nuances de couleurs sur un pixel. S'agit-il d'une synthèse additive ou soustractive ?
- C.3.3. Expliquer par un calcul, pourquoi on dispose d'environ 16,8 millions de couleurs avec le système étudié.
- C.3.4. L'image est observée sur un écran à la résolution de 72 ppp. Calculer ses dimensions en cm sur l'écran.

Document réponse à rendre avec la copie
(ne pas inscrire son nom sur ce document)

