

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2019

---

## Série STD2A

Sciences et Technologies du Design et des Arts Appliquées

# 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.

## L'envol de l'Archange Saint-Michel

La statue « L'Archange Saint-Michel », placée au sommet de la flèche de l'abbatiale du Mont-Saint-Michel, est une œuvre d'Emmanuel Frémiet de 1895. Elle a été réalisée en cuivre repoussé par les ateliers Monduit auxquels on doit aussi la statue de la Liberté. Cette représentation de Saint-Michel est soumise à des conditions difficiles et doit donc être régulièrement restaurée. Les deux dernières restaurations remontent à 1987 et 2016.

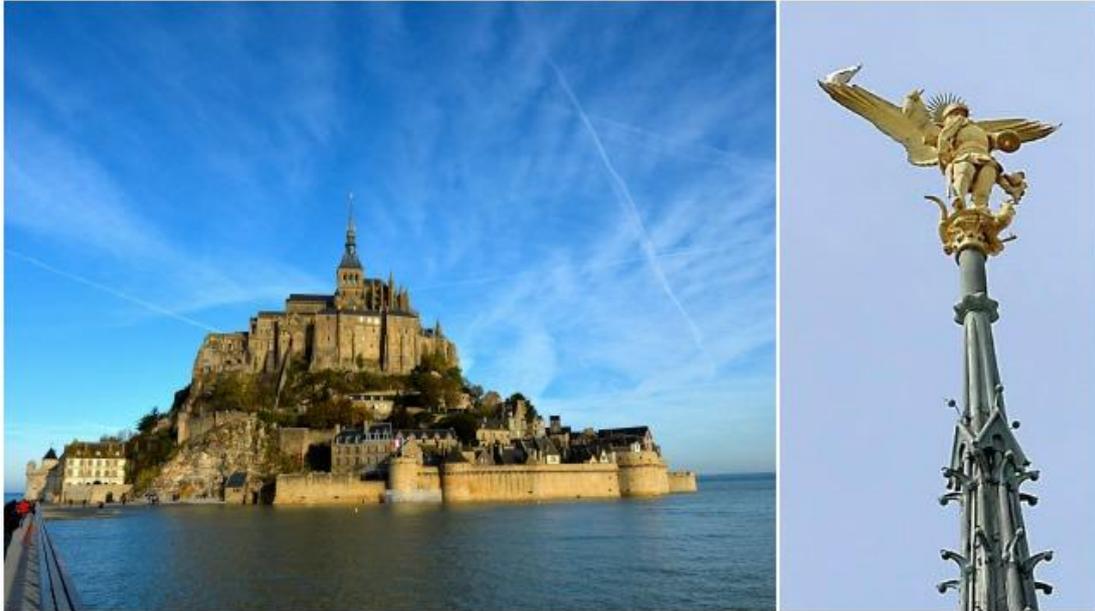


Photo : Ouest-France

### Document 1 - La restauration de 1987

En 1984, après un vol de repérage au-dessus du Mont Saint-Michel, l'architecte Pierre-André Lablaude constate des dégradations importantes sur « L'Archange Saint-Michel ». Il devient urgent d'intervenir ; en 1987, un échafaudage tout en bois, pour se préserver de la foudre, permet l'accès à l'Archange. La dépose et la repose sont opérées par hélicoptage. [...] Arrivé à l'atelier, l'Archange est entièrement désassemblé. On retire les rivets et on enlève la soudure à l'étain qui lie les différentes pièces. [...]

L'armature est en acier doux. Elle est remplacée par une autre identique mais en acier inoxydable. Certains éléments, trop dégradés, sont à refaire ; pour l'épée, la main droite, l'auréole, nous coulons une matrice métallique comme à l'origine. Le cuivre de 12/10<sup>e</sup> d'épaisseur, après recuit, est mis en forme par rétreinte directement sur cette matrice en relief. Les trous d'impact de la foudre sont bouchés par soudure à l'argon. [...]

L'ensemble remonté, le doreur vient apposer ses couches d'apprêt et de mixtion puis dépose 5 000 feuilles d'or de 23,6 carats, soit 65 grammes d'or.

*d'après la Lettre n°80 – Académie des Beaux-Arts*

## Document 2 - La restauration de 2016

Hélitreuillée, la statue de l'archange qui domine le Mont-Saint-Michel s'est envolée mardi 15 mars 2016 du sommet de l'abbaye en vue de sa restauration en Dordogne. Le décrochage, opération extrêmement délicate, a été réalisé avec succès [...].

La statue, d'une couleur jaune pâle ternie par les intempéries, s'est posée dix minutes plus tard sur un polder [...].

La "dépose" de Saint-Michel, une statue dont la masse atteint la valeur de 520 kg, et dont la hauteur est de 4,5 mètres, ailes incluses, avait plusieurs fois été reportée car elle exigeait une météo clémente pendant plusieurs jours consécutifs.

"Nous avons besoin de redorer l'archange" a expliqué M. Bailly. "On voit l'usure due au vent chargé de sable. Le cuivre devient apparent", a expliqué de son côté François Jeanneau, architecte en chef des Monuments historiques. "L'enjeu n'est pas seulement esthétique : il s'agit surtout de rénover l'œuvre pour la préserver de la corrosion", a-t-il ajouté.

"On va le [l'Archange Saint Michel] nettoyer, faire quelques reprises de cuivre dessus et surtout le repeindre avec des peintures techniques pour recevoir la dorure, puis le dorer", a expliqué à l'AFP Régis Foucher-Duchêne, conducteur des travaux de restauration, à la Socra, les ateliers chargés de la restauration à Marsac-sur-L'Isle.

*d'après Ouest-France*

## **Partie A - Oxydation de l'armature en acier (5 points)**

- A.1. L'armature d'origine est en acier doux. Donner les deux principaux constituants de l'acier.
- A.2. Citer les facteurs généralement responsables de la corrosion et préciser quel autre facteur, présent au Mont-Saint-Michel, favorise la corrosion en l'accélégrant.
- A.3. La corrosion du fer correspond à une transformation chimique dont l'une des étapes peut être modélisée par une réaction chimique faisant intervenir le couple oxydant-réducteur  $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$ . Écrire la demi-équation électronique associée à ce couple.
- A.4. La demi-équation électronique associée au couple oxydant-réducteur  $\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$  est :
- $$\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- = 2 \text{H}_2\text{O}$$
- A.4.1. Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction entre le métal fer (Fe) et le dioxygène ( $\text{O}_2$ ).
- A.4.2. Identifier l'oxydant parmi les réactifs en justifiant ce choix.
- A.5. Lors de la restauration de 1987, l'armature d'origine a été remplacée par une structure en acier inoxydable, comportant une quantité importante de métal chrome (Cr) représentant un pourcentage massique de plus de 10,5 %. Le métal chrome réagit avec le dioxygène contenu dans l'air et forme une couche d'oxyde de chrome  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
- A.5.1. Écrire l'équation de la réaction entre le métal chrome et le dioxygène de l'air traduisant la formation de l'oxyde de chrome.
- A.5.2. Dans l'acier inoxydable, le chrome contribue à « passiver » l'acier. Préciser le sens de « passiver ».

- A.5.3. Pour réaliser la jonction entre plusieurs pièces en acier inoxydable, il existe une technique de soudage sous atmosphère inerte au cours de laquelle un gaz (argon) est envoyé dans la zone où est effectuée la soudure. Expliquer pourquoi il est important de remplacer l'air par de l'argon dans cette zone.

## **Partie B - Cuivre et dorure (5 points)**

### **B.1. Oxydation du cuivre**

Sous l'action conjuguée de l'humidité et du dioxyde de carbone, le métal cuivre s'oxyde selon la réaction d'équation :



L'oxyde obtenu porte le nom de « vert-de-gris » ; il a été utilisé dès l'Antiquité comme matière colorante.

- B.1.1. Le vert-de-gris est un pigment. Indiquer la différence entre un pigment et un colorant.
- B.1.2. La toxicité et la fragilité de ce pigment, tant au contact d'autres pigments qu'à la lumière, ont conduit à son abandon. On peut obtenir la même couleur verte, par synthèse soustractive, en mélangeant deux pigments. Donner les couleurs de ces deux pigments.
- B.1.3. Recopier, sur la copie, sans justifier, la (ou les) bonne(s) réponse(s) :  
Une peinture apparaît verte lorsqu'elle est éclairée en lumière blanche car :
- elle absorbe la lumière verte ;
  - elle diffuse la lumière verte ;
  - elle absorbe les lumières rouge et bleue.
- B.1.4. Cette peinture verte est maintenant éclairée en lumière jaune. Préciser sous quelle couleur elle apparaît dans cette situation.

### **B.2. Dorure**

#### **Document 3 – La dorure sur métal**

Avant de procéder à la dorure proprement dite, les artisans doreurs appliquent deux couches de teinte dure, dont les ingrédients sont les mêmes depuis plusieurs siècles (huile de lin, térébenthine, ocre jaune pour la pigmentation et vernis brillant).

La dorure commence avec la couche de mixtion : c'est elle qui permet à la feuille d'adhérer au support. Les feuilles d'or doivent être posées quelques heures après la couche de mixtion. Les doreurs ont donc coutume de dire qu'ils « couchent de mixtion » le matin et dorent l'après-midi. Pendant la pose des feuilles d'or, les doreurs utilisent les mêmes outils qu'au XVII<sup>e</sup> siècle : couteau à dorer, coussin et palette à dorer.

*d'après <http://latone.chateauversailles.fr/page/les-metiers-d-art/doreurs-sur-metal>*



*Photo - La Montagne*

B.2.1. On s'intéresse plus particulièrement aux composants de la teinte dure.

B.2.1.1. Citer deux constituants indispensables d'une peinture, hormis les pigments, et préciser leur rôle.

B.2.1.2. À l'aide du document 3, donner un exemple pour chacun d'eux.

B.2.1.3. Envisager ce qu'apporterait l'ajout d'un agent siccatif à la composition de la teinte dure.

B.2.2. L'or est un métal noble.

B.2.2.1. Donner la définition d'un métal noble.

B.2.2.2. Citer un autre métal noble.

## **Partie C - Les photos de l'Archange (10 points)**

La statue, déposée sur un polder, a été photographiée à l'aide d'un appareil photographique numérique.



**PHOTOGRAPHIE A**

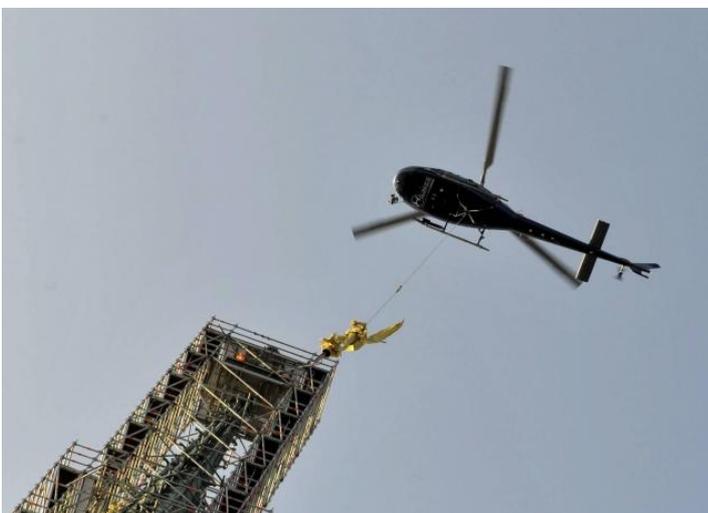
<b>Document 4 - Caractéristiques de l'appareil photographique</b>											
<b>Capteur</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Type : CMOS</li> <li>Taille : 23,5 mm × 15,6 mm</li> <li>Pixels : 6016 × 4000</li> <li>ISO : 100 - 6400</li> <li>Obturation : 30 s à 1/4000 s</li> </ul>						<b>Objectif</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zoom 70 - 300 mm</li> <li>Ouverture 4 - 32</li> </ul>					
<b>Valeurs des temps de pose (extrait)</b>											
1	1/2	1/4	1/8	1/15	1/30	1/60	1/125	1/250	1/500	1/1000	1/2000
<b>Valeurs des nombres d'ouverture</b>											
	4	5,6	8	11	16	22	32				

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

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'} = \frac{1}{f'}$$

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

- C.1. Expliquer ce que représente un pixel.
- C.2. Expliquer le terme « définition » d'un capteur. Déterminer la valeur de la définition du capteur utilisé pour prendre la photographie A.
- C.3. Donner la signification de la caractéristique ISO.
- C.4. Pour prendre la photographie A, le photographe se trouve à la distance de 25 m de la statue. Il utilise les réglages suivants.
- focale :  $f' = 80 \text{ mm}$  ;
  - nombre d'ouverture :  $N = 8$  ;
  - temps de pose :  $1/250 \text{ s}$ .
- C.4.1. Calculer la vergence correspondant à la focale  $f'$  choisie pour la question C.4.
- C.4.2. Calculer la distance entre l'objectif, assimilé à une lentille convergente, et l'image de l'Archange formée sur le capteur.
- C.4.3. Étudier si ce résultat était prévisible en apportant un argumentaire.
- C.4.4. À l'aide des documents 2 et 4, calculer la hauteur de l'image de l'Archange obtenue sur le capteur.
- C.5. Le photographe souhaite augmenter la profondeur de champ de son cliché (photographie A) tout en gardant sa position par rapport à la statue, le même cadrage et la même exposition.
- C.5.1. Expliquer comment le photographe doit régler son appareil pour obtenir ce qu'il souhaite.
- C.5.2. Prévoir la conséquence sur les sujets visualisés sur la photographie A.
- C.6. On donne le réglage utilisé pour la photographie 1 ci-dessous.

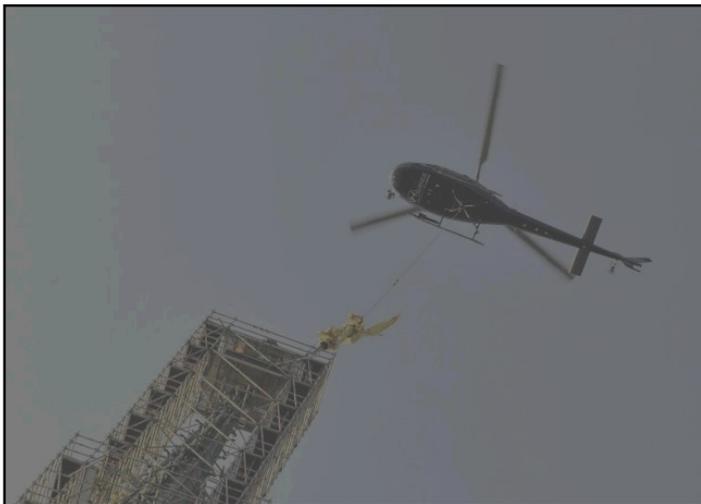


**PHOTOGRAPHIE 1**

- focale  $f' = 250 \text{ mm}$
- $N = 8$
- $1/1000 \text{ s}$
- $\text{ISO} = 200$

Associer, en justifiant chaque réponse, les réglages ci-dessous aux clichés de l'hélicoptère de « L'Archange Saint-Michel » (photographies 2 à 5).

Les quatre réglages utilisés sont :
<b>Réglage A</b> : focale $f' = 250$ mm ; N = 32 ; 1/60 s ; ISO = 200
<b>Réglage B</b> : focale $f' = 70$ mm ; N = 8 ; 1/1000 s ; ISO = 200
<b>Réglage C</b> : focale $f' = 250$ mm ; N = 16 ; 1/1000 s ; ISO = 200
<b>Réglage D</b> : focale $f' = 250$ mm ; N = 8 ; 1/1000 s ; ISO = 400



**PHOTOGRAPHIE 2**



**PHOTOGRAPHIE 3**



**PHOTOGRAPHIE 4**



**PHOTOGRAPHIE 5**