

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## STD ARTS APPLIQUÉS

SESSION 2014

### ÉPREUVE : *PHYSIQUE-CHIMIE*

*Durée* : 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 6 pages numérotées de 1 à 6.*

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

## LE PENSEUR DE RODIN

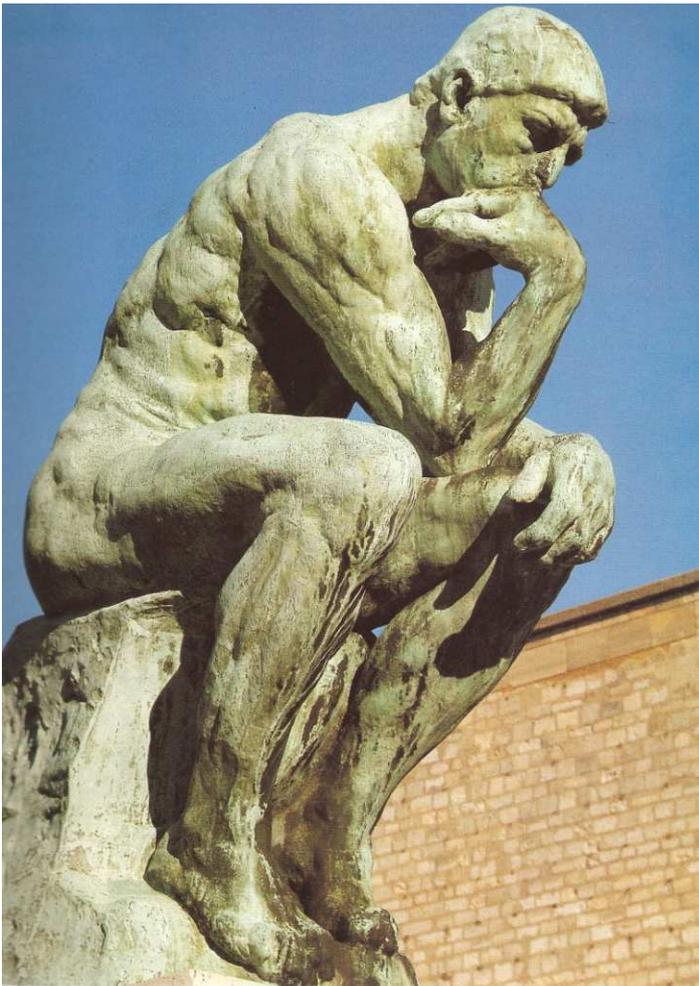
Le bronze est le premier alliage métallique dont la fabrication a été maîtrisée par l'Homme et utilisée à grande échelle pour concevoir des outils, des statues, des armes, des bijoux, des monnaies... L'âge du bronze s'étend de 2300 à 800 avant notre ère ; celui du fer lui succède à partir de 800 avant J-C.

Le bronze est un alliage de cuivre (Cu) (très majoritaire) et d'étain (Sn) ; il peut contenir aussi du plomb et de l'aluminium et d'autres métaux en faible quantité. Le cuivre fond à 1084 °C ; son association avec l'étain abaisse considérablement ce point de fusion. La corrosion du bronze fait apparaître des zones vertes et noires.

Le bronze présente une bonne résistance mécanique à l'usure et une résistance moyenne à la corrosion. Les qualités sonores des alliages en bronze expliquent son utilisation en campanologie (fabrication de cloches).

### **PARTIE A : PASSIVATION ET CORROSION DES STATUES EN BRONZE EXPOSEES A L'EXTERIEUR**

#### **Le Penseur de Rodin**



## Document N°1

Extrait d'un article sur la corrosion atmosphérique des bronzes (Cu-Sn) : Mémoires et Etudes Scientifiques Revue de Métallurgie Décembre 1991.

« ... Les bronzes sont des alliages passivables dans un grand nombre de milieux corrosifs naturels. Les travaux de Mattsson ont montré que les bronzes se passivent en formant une couche de sulfate de cuivre et d'hydroxyde de cuivre  $\text{CuSO}_4, 3\text{Cu}(\text{OH})_2$  appelée **brochantite** qui reste stable dans le temps lorsque le pH est maintenu entre 3,5 et 6,5. Pour des valeurs de pH plus faibles ( $2,8 < \text{pH} < 3,5$ ) il y a apparition d'une couche poreuse instable d'**antlérite** de formule  $\text{CuSO}_4, 2\text{Cu}(\text{OH})_2$  qui remplace la brochantite. Ainsi l'altération des statues en bronze exposées en plein air se traduit par un processus de corrosion en phase aqueuse aérée (...). Les sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), espèces chimiques contenues dans les précipitations, sont les principaux constituants anioniques des couches d'altération des bronzes. Il faut aussi souligner que ces précipitations (pluie, brouillard et neige) sont acides et qu'en zone urbaine leur pH est toujours inférieur à 5.

Actuellement la dégradation des bronzes est assimilée à celle du cuivre (corrosion du cuivre). On admet habituellement que l'étain Sn, élément moins noble que le cuivre, se dissout en premier sous forme d'ions  $\text{Sn}^{2+}$ , laissant pratiquement seule une matrice de cuivre métallique. Le comportement du cuivre et de l'étain, vis-à-vis de la corrosion, peut donc se résumer en deux points :

- oxydation de l'étain en composés de corrosion stables et insolubles comme l'oxyde d'étain  $\text{SnO}_2$ , qui se traduit par l'apparition de zones noires sur les statues ;
- oxydation du cuivre et dissolution des ions cuivre  $\text{Cu}^{2+}$  dans le milieu environnant, qui se traduit par l'apparition de zones vertes sur les statues ».

## Document N2 : extrait de classification électrochimique des métaux

|                  |                  |                  |                  |                 |               |                  |                            |
|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|---------------|------------------|----------------------------|
| $\text{Zn}^{2+}$ | $\text{Fe}^{2+}$ | $\text{Sn}^{2+}$ | $\text{Cu}^{2+}$ | $\text{O}_2$    | $\text{Ag}^+$ | $\text{Au}^{3+}$ | Oxydant                    |
| Zn               | Fe               | Sn               | Cu               | OH <sup>-</sup> | Ag            | Au               | Réducteur                  |
|                  |                  |                  |                  |                 |               |                  | $E^{\circ}(\text{V})$<br>→ |

A-1) Quels sont les deux principaux éléments chimiques qui composent les bronzes ?

A-2) Expliquer ce que signifie « les bronzes sont des alliages passivables ». Donner le domaine de pH dans lequel cette propriété est conservée. Citer un autre métal passivable.

A-3) Que signifie l'expression « l'étain Sn, élément moins noble que le cuivre » ?

A-4) Quel anion est considéré comme responsable de l'altération des bronzes exposés aux précipitations ?

A-5) Donner le nom et la formule de la couche poreuse qui se forme sur les bronzes lorsque le pH est inférieur à 3,5.

A-6) Ecrire la demi-équation électronique relative au couple  $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$ .

A-7) Pour expliquer la formation de l'un des produits de la corrosion, l'hydroxyde de cuivre ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$  ou  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^-$ ), on envisage la réaction entre les couples  $\text{O}_2 / \text{OH}^-$  et  $\text{Cu}^{2+} / \text{Cu}$ . On donne la demi-équation équilibrée du premier couple :



A-7-1) Ecrire l'équation d'oxydoréduction de la réaction globale entre les deux couples ci-dessus.

A-7-2) Le dioxygène subit-il alors une oxydation ou une réduction? Justifier la réponse.

A-8) Citer un autre alliage métallique utilisé dans le domaine des arts.

A-9) Dans une revue d'archéologie, on lit à propos de la corrosion des canons en bronze exposés à l'air libre sur une fortification : « ... on remarque que les canons en bronze dans lesquels on a laissé un boulet en fer résistent mieux à la corrosion que ceux qui n'en contiennent pas ou ceux qui contiennent des boulets en pierre ... »

En utilisant le document 2, justifier cette remarque.

## **PARTIE B : PHOTOGRAPHIE ET IMAGES PHOTOGRAPHIQUES**

La statue en bronze « Le Penseur » de Rodin, étudiée dans la **partie A**, mesure 1,80 m de hauteur. Elle est photographiée à l'aide d'un appareil numérique à visée « reflex »

### Les caractéristiques de l'appareil :

- zoom 18 mm x 55 mm
- Angles de champ : 28° - 75°
- Taille du capteur CMOS : 15,4 mm x 23,1 mm
- Sensibilité ISO : 100 – 3200
- Nombres d'ouverture : 2,8 – 5,6
- Vitesses d'obturation : 30 s - 1 / 4000 s
- Définition de l'image : 3072 x 4608
- Stockage des images en format JPEG en RVB / 8

B-1) En assimilant l'objectif photographique à une lentille mince convergente, construire, sans souci d'échelle, l'image A'B' de la statue AB.

B-2) A quelles parties de l'œil peut-on assimiler :

- a) l'objectif photographique,
- b) son capteur ?

B-3) Que signifient les indications 18 mm x 55 mm ?

B-4) Donner, avec trois chiffres significatifs, le nombre de megapixels (MP) affichés par le fabricant pour cet appareil photo.

**Pour effectuer une prise de vue de la statue, le photographe choisit une focale de 40 mm, un nombre d'ouverture  $N = 5,6$  et un temps d'exposition de  $1/125$  s**

B-5) Calculer la vergence C qui correspond à la focale de 40 mm.

B-6) Le photographe a souhaité que l'image de la statue A'B' occupe toute la longueur du capteur.

Calculer le grandissement.

B-7) En déduire par le calcul la position de l'objet sachant que l'image se forme à 40,1 mm de l'objectif.

B-8) Le photographe souhaite diminuer la profondeur de champ de l'appareil sans modifier sa distance par rapport à la statue. Dans quel sens doit-il agir sur le zoom pour effectuer la prise de vue ?

B-9) Le photographe veut remplacer le couple (5,6 ;  $1/125$ ) par un couple (N ;  $1/500$ ) tout en conservant la même quantité de lumière dans l'appareil. Quelle valeur de N peut-on proposer ?

B-10) Quel est l'intérêt de l'appareil photo à visée « reflex » ?

B-11) Que signifie l'indication « RVB » ?

Sachant qu'une couleur est codée sur 8 bits (1 octet), calculer le nombre de couleurs disponibles pour former une image avec ce capteur.

Formules de grandissement et de conjugaison

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

|  |     |     |     |      |      |      |       |       |       |
|--|-----|-----|-----|------|------|------|-------|-------|-------|
| <i>Valeurs des temps de pose (seconde) :</i> |     |     |     |      |      |      |       |       |       |
| 1  | 1/2 | 1/4 | 1/8 | 1/15 | 1/30 | 1/60 | 1/125 | 1/250 | 1/500 |
| <i>Valeurs des nombres d'ouverture :</i>     |     |     |     |      |      |      |       |       |       |
| 2,8  | 4   | 5,6 | 8   | 11   | 16   | 22   | 32    |       |       |

## **PARTIE C : COULEURS ET PEINTURES**

La photographie du Penseur de Rodin prise comme indiqué dans la partie B doit être imprimée à l'aide d'une imprimante à jet d'encre. Ce type d'imprimante contient trois cartouches d'encres colorées, jaune, cyan et magenta, et une cartouche d'encre noire.

C-1) Quel type de synthèse colorimétrique est réalisé par l'imprimante ?

C-2) Quelles cartouches sont utilisées par l'imprimante pour avoir :

C-2-1) la couleur verte résultant de l'oxydation du bronze,

C-2-2) la couleur rouge,

C-2-3) la couleur bleue ?

C-3) La cartouche jaune est vide. De quelle couleur apparaîtra le vert de la statue à l'impression ?

C-4) Les matières colorantes sont les pigments et les colorants. Quelle est la différence essentielle entre ces deux matières colorantes ?

C-5) Quels sont les trois constituants de base des peintures usuelles ?

C-6) Expliquer le mécanisme de séchage lorsqu'une peinture est appliquée sur un support.

C-7) Citer deux facteurs qui provoquent l'altération des couleurs des peintures.

C-8 / Exercice de colorimétrie

Un pigment (encre) noté A apparaît jaune lorsqu'il est éclairé en lumière blanche.

C-8-1) Préciser les couleurs diffusées et absorbées par A.

C-8-2) On effectue un mélange dans les mêmes proportions entre le pigment A et un pigment B. Le mélange apparaît alors rouge lorsqu'il est éclairé en lumière blanche. Quelle est la couleur du pigment B lorsque celui-ci est exposé seul en lumière blanche ? Justifier la réponse.

C-8-3) Quelle serait la couleur d'un troisième pigment C qui, mélangé aux deux précédents, donnerait du noir ?