

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## STD ARTS APPLIQUÉS

SESSION 2013

### 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 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 en remettra un autre exemplaire.*

## Partie A. La pyramide du Louvre (8,5 points)

La pyramide du Louvre, formée de verre et de métal, est située au centre de la cour Napoléon du Musée du Louvre à Paris. C'est François Mitterrand qui, en 1983, commande cette réalisation conçue par l'architecte sino-américain Leoh Ming Pei. Inaugurée le 30 mars 1989, c'est aujourd'hui l'un des lieux les plus visités de la capitale.



### **Document 1**

La pyramide a les mêmes proportions que la pyramide de Gizeh. [...] Chaque face de la pyramide est constituée de 128 poutres en acier inox, croisées, parallèles aux arêtes de la pyramide. Le vitrage est constitué de 675 losanges de 2,9 m x 1,9 m. Ils sont constitués par deux couches de verre « extra blanc » de 10 mm d'épaisseur réunies par quatre feuilles de polyvinyle butyral. La fabrication de ces verres a nécessité la construction d'un four spécial fonctionnant à l'électricité pour diminuer les oxydes de fer afin d'éclaircir le verre en le décolorant.

D'après <http://fr.structurae.de/structures/data/index.cfm?id=s0000295>

### **Document 2**

Le verre de sécurité feuilleté, appelé aussi verre laminé est un assemblage de deux ou de plusieurs feuilles de verre (recuit ou trempé) liées entre elles par un ou plusieurs films de polyvinyle butyral (PVB). [...]

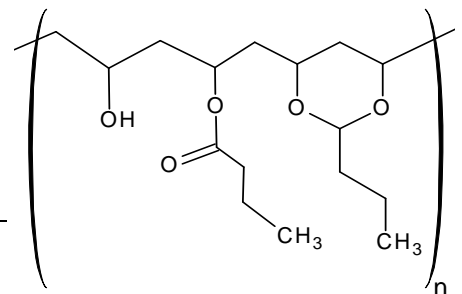
Lors d'un bris, le film de PVB constitue une armature sur laquelle les éclats de verre sont retenus permettant au vitrage d'assurer une protection résiduelle avant son remplacement.

[http://www.prelco.ca/pdf/fiches/Prel-Lam\\_F.pdf](http://www.prelco.ca/pdf/fiches/Prel-Lam_F.pdf)

### **Document 3 : le polyvinyle butyral (PVB)**

Masses molaires atomiques :

$M(C) = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M(H) = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$ ,  $M(O) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$



**Document 4 :**

Les Inox (terme désignant conventionnellement les aciers inoxydables) sont des alliages dont la teneur en chrome est au minimum de 10,5 % et le carbone au maximum de 1,2 %. La résistance à la corrosion est due au chrome Cr qui, en présence d'un milieu oxydant, forme à la surface de l'acier une couche complexe, invisible mais protectrice, qui rend le métal passif. Cette résistance à la corrosion croît donc logiquement avec la teneur en chrome, [...]

C'est la résistance de la couche protectrice qui détermine les qualités d'inoxidabilité de l'acier. La propriété fondamentale des aciers inoxydables est la présence du « film passif » ou « couche passive » qui agit comme une véritable barrière entre l'alliage et le milieu environnant. De plus, si cette couche passive devait être détruite accidentellement (rayure), elle possède la propriété de se reformer spontanément dans un grand nombre de milieux.

<http://www.planete-tp.com/les-inox-a347.html>

En vous appuyant sur les documents ci-dessus, répondre aux questions suivantes.

**A.1. Le verre**

A.1.1. Quel est le principal constituant du verre minéral ?

A.1.2. Quelle est la différence entre un verre « classique » et un « verre extra blanc » ?

A.1.3. Le vitrage comprend un film de polyvinyle butyral. Quelle est la fonction de ce film ?

A.1.4. On peut fabriquer différents verres possédant des propriétés particulières, tels que les verres électrochrome et thermochrome. Indiquer les propriétés de ces différents verres.

**A.2. La structure métallique**

A.2.1. Citer trois constituants des aciers inoxydables.

A.2.2. Sur certains de ces aciers, en milieu oxydant, une couche protectrice d'oxyde de chrome  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  est formée par réaction avec le dioxygène de l'air. Écrire l'équation de la réaction chimique de formation de cet oxyde de chrome à partir du métal chrome et du dioxygène.

Lors de la construction de la pyramide, les techniciens n'ont pas utilisé des poutres en fer. Les réponses aux questions suivantes vont permettre de justifier leur choix.

A.2.3. Si le fer avait été choisi pour construire les poutres, une réaction chimique faisant intervenir le couple  $\text{Fe}^{2+} / \text{Fe}$  aurait eu lieu.

A.2.3.1. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction correspondante.

A.2.3.2. Dans ce couple, le fer est-il l'oxydant ou le réducteur ?

A.2.4. Le deuxième couple présent dans cette réaction chimique est  $\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$ .

A.2.4.1. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction correspondante lorsqu'on se place en milieu acide.

A.2.4.2. Dans ce couple, le dioxygène est-il réduit ou oxydé ?

A.2.5. Établir l'équation d'oxydoréduction entre le fer et le dioxygène.

A.2.6. Pourquoi les techniciens ont-ils préféré l'acier au fer pour la construction des poutres de la pyramide ?

## Partie B. La tête égyptienne en verre bleu du Louvre – La découverte d'un faux ! (5 points)

Une petite sculpture égyptienne en verre bleu a été acquise par le musée en 1923, un an après la découverte et l'ouverture de la tombe de Toutankhamon (XVIII<sup>ème</sup> dynastie, XIV<sup>ème</sup> siècle avant J.C.). Elle était une œuvre importante du département des antiquités égyptiennes. C'est vers la fin des années 1950 que les premiers soupçons quant à son authenticité apparaissent...

Une étude a été engagée au laboratoire du Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF), à la demande du musée du Louvre ...



Musée du Louvre, département des Antiquités égyptiennes E 11658.  
Hauteur : 9 cm. © C2RMF/D.

### Document 1

Les Égyptiens du Nouvel Empire surent avant tout créer des flacons de verre. Leur agrément venait du décor de festons multicolores qui venaient jouer en couleurs contrastantes sur le fond, le plus souvent bleu foncé au cobalt. Cet oxyde colorant puissant au bleu profond, parfois presque noir, fut à l'origine d'une révolution des couleurs pour les faïenciers d'Égypte qui ne connaissaient jusque-là que le bleu à l'oxyde de cuivre, donnant un bleu-vert parfois vif, mais jamais ni très sombre ni indigo. Avec l'antimoniade de plomb, pour le jaune, et une meilleure maîtrise du rouge à l'oxyde de fer, verriers et faïenciers disposaient à cette époque d'une palette polychrome apte à satisfaire le goût des Égyptiens pour les couleurs contrastées. L'une des associations les plus appréciées fut alors celle qui faisait jouer le bleu « azur » au cuivre contre le bleu « lapis » au cobalt [...]

Le verre est de ces matériaux qui portent en eux la signature de l'homme. Nous n'avions donc aucune excuse pour ne pas procéder à une investigation sur la nature chimique de la tête bleue, et la comparer aux nombreux échantillons de verre de cette époque, sur lesquels ne portait aucun soupçon de falsification.

### Document 2

Analyses chimiques élémentaires de verres égyptiens, bleu marine et bleu turquoise de la XVIII<sup>ème</sup> dynastie, du verre bleu foncé de la perruque et du verre bleu clair du visage en verre bleu. Elles sont obtenues par faisceau d'ions, exprimées en %/poids d'oxyde Na<sub>2</sub>O détectés par rayonnement gamma.

Na <sub>2</sub> O	MgO	SiO <sub>2</sub>	CaO	FeO	CuO	PbO	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CoO
<b>Objets XVIII<sup>ème</sup> dynastie</b>								
Tesson E298 Bleu marine								
13,63	2,79	47,92	21,23	1,48	0,24	0,13	0,0000	0,39
Perles longues E 2340 Bleu turquoise								
15,66	3,49	64,98	7,44	0,36	1,07	0,02	0,0155	0,00
<b>Tête bleue E 11658</b>								
Visage joue Bleu ciel								
11,95	1,94	33,20	5,04	1,28	0,37	28,66	6,3813	0,17
Perruque Bleu foncé								
11,06	1,95	40,26	2,11	0,63	1,91	28,22	4,0687	0,36

### Document 3 :

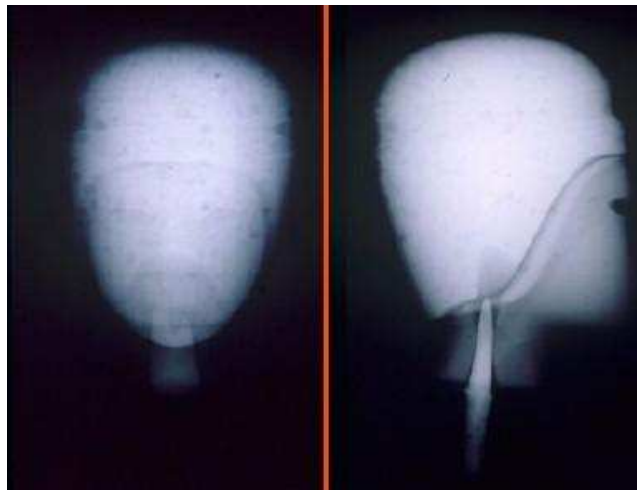
Radiographies de la tête en verre bleu, de face et de profil.

Longueur d'onde  $\lambda_X = 0,0560 \text{ nm}$ .

$$E = h \cdot \nu \quad \lambda = c \cdot T \quad T = 1/\nu$$

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

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



<http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/la-tete-egyptienne-en-verre-bleu-du-louvre-la-decouverte-dun-faux-926>

### Document 4 :

Elément	Symbole	Z	M ( g.mol <sup>-1</sup> )
Hydrogène	H	1	1,0
Oxygène	O	8	16,0
Sodium	Na	11	23,0
Magnésium	Mg	12	24,3
Silicium	Si	14	28,1
Fer	Fe	26	55,8
Cobalt	Co	27	58,9
Cuivre	Cu	29	63,5
Arsenic	As	33	74,9
Plomb	Pb	82	207,2

En vous appuyant sur les documents ci-dessus, répondre aux questions suivantes.

#### B.1. Les éléments chimiques

B.1.1. Donner la définition d'un pigment.

B.1.2. Donner la « couleur » obtenue lors du mélange d'oxyde de fer rouge et d'oxyde de cuivre cyan.

L'analyse comparative d'objets (XVIII<sup>ème</sup> dynastie) et de la tête bleue a permis de découvrir le « faux ».

B.1.3. Afin de justifier le caractère « faux » de la tête bleue, citer deux espèces chimiques pour lesquelles on note un net écart de pourcentage entre le verre de la XVIII<sup>ème</sup> dynastie et le verre de la tête.

#### B.2. La radiographie X

Plus les atomes contenus dans la matière traversée sont lourds, plus le faisceau de rayons X est absorbé.

B.2.1. En observant la radiographie de la tête, expliquer ce qui confirme la présence d'atomes lourds dans celle-ci.

- B.2.2. Exprimer la fréquence  $\nu$  en fonction de la longueur d'onde  $\lambda_X$ .  
 B.2.3. Calculer la fréquence  $\nu$  du rayonnement utilisé.  
 B.2.4. Calculer l'énergie  $E$  transportée par un photon X.

## **Partie C. La photographie de la pyramide du Louvre (6,5 points)**

### **Document 5**

Dimensions de la « grande »  
 pyramide :  
 Largeur : 35,42 m.  
 Hauteur : 21,64 m



[http://www.world-city-photos.org/Paris/photos/Louvre\\_in\\_Paris/Pyramides\\_Louvre\\_photos/](http://www.world-city-photos.org/Paris/photos/Louvre_in_Paris/Pyramides_Louvre_photos/)

### **Document 6. Données image**

480 × 315 (Même taille), 47KB  
 Type : JPG

Paramètres : 1/30s,  $f/8$  ISO 100  
 Focale : 30 mm  
 Utilisation du flash : Sans flash

### **Document 7. Fiche technique appareil photo Fuji FinePixS2Pro**

Type : Reflex Numérique  
 Nombre de pixels : 4256 x 2848  
 Définition (max) : 12,1 Mpixels  
 Type capteur : Super CCD  
 Taille de capteur : 15,5 x 23 mm  
 Vitesse maximale de l'obturateur: 1/4000 sec  
 Vitesse d'obturation mini: 30 sec

### **Document 8**

Valeurs des temps de pose :

1	1/2	1/4	1/8	1/15	1/30	1/60	1/125	1/250	1/500	1/1000
---	-----	-----	-----	------	------	------	-------	-------	-------	--------

Valeurs normalisées des nombres d'ouverture :

2,8	4	5,6	8	11	16	33	32
-----	---	-----	---	----	----	----	----

**Données :** relations de conjugaison et de grandissement d'une lentille.

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

## **C.1. L'appareil photo**

En utilisant la fiche technique de l'appareil photo (document 7), répondre aux questions suivantes.

C.1.1. À quoi correspond la définition d'un capteur ?

C.1.2. En utilisant les données techniques, vérifier, par un calcul, la valeur de cette définition indiquée sur la fiche technique (**document 7**).

## **C.2. La photo de la pyramide**

Le photographe est placé à 80 m de la grande pyramide, il fait la mise au point et réalise la photo ci-dessus (**document 5**).

On assimile l'objectif de l'appareil à une lentille mince convergente.

C.2.1. Expliquer l'expression « faire la mise au point ».

C.2.2. Déterminer, par le calcul, la valeur de la distance de l'objectif à la position de l'image de la pyramide.

C.2.3. Justifier, sans calcul, la valeur du résultat obtenu.

C.2.4. Déterminer la valeur de la hauteur de l'image sur le capteur.

C.2.5. L'image de la pyramide apparaît-elle complètement sur la photographie ?

## **C.3. Etude des réglages**

En mode automatique, l'appareil indique les réglages : (1/30, 8).

C.3.1. Que représentent ces valeurs ?

Le photographe choisi de mettre l'appareil en mode manuel et prend comme réglage  $N = 4$ .

C.3.2. Indiquer le réglage à effectuer pour obtenir la même exposition sur la nouvelle photo.

C.3.3. Qu'est-ce que la profondeur de champ en photographie ?

C.3.4. Comment varie-t-elle avec ce nouveau réglage ?