

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

**Sciences et technologies du design et des métiers d'art
(STD2A)**

PHYSIQUE-CHIMIE

Sujet « zéro » n°3

La calculatrice est autorisée dans les conditions fixées par la réglementation en vigueur.

Les parties A et B sont indépendantes.

PARTIE A

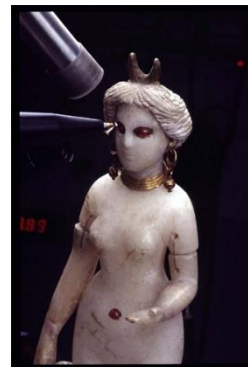
(SUR 10 POINTS)

LES YEUX D'ISHTAR

Découverte en 1862 dans une tombe près de Babylone (Mésopotamie), cette statuette est probablement une représentation d'Ishtar, la célèbre déesse babylonienne de l'Amour et de la Guerre. Par son style, sa typologie et la comparaison avec d'autres œuvres similaires, elle est datée de l'époque Parthe (1^{er} siècle avant J.C. - 1^{er} siècle après J.C.).

Ses yeux et son nombril sont incrustés de mystérieuses pierres rouges. Ces incrustations ont été analysées à partir de l'émission de rayons X induite par particules chargées (PIXE, *Particle induced X-ray Emission*) avec l'accélérateur AGLAÉ (Accélérateur Grand Louvre pour l'Analyse Élémentaire).

Source image : <http://www.laradioactivite.com/site/pages/identificationdemateriaux.htm>



Contexte de travail

L'origine géographique de ces pierres rouges doit être déterminée. On trouvera ci-dessous quatre documents qui y aideront.

Travail demandé en s'appuyant sur les documents des pages suivantes

1. Calculer l'énergie E d'un photon X de longueur d'onde $\lambda = 1 \text{ nm}$. On donnera le résultat en joules.
2. Déterminer les éléments chimiques présents dans les yeux d'Ishtar.
3. En déduire le type de pierres rouges qui ornent la statuette d'Ishtar.
4. Déterminer l'origine géographique de ces pierres. Justifier la réponse et la présenter soit sous la forme d'un texte, soit à l'aide de schémas ou sous forme d'une affiche.
5. Expliquer pourquoi on a préféré utiliser la technique PIXE plutôt qu'une méthode d'analyse chimique pour étudier la composition des pierres rouges de la statuette.

Document 1 : présentation de la technique PIXE

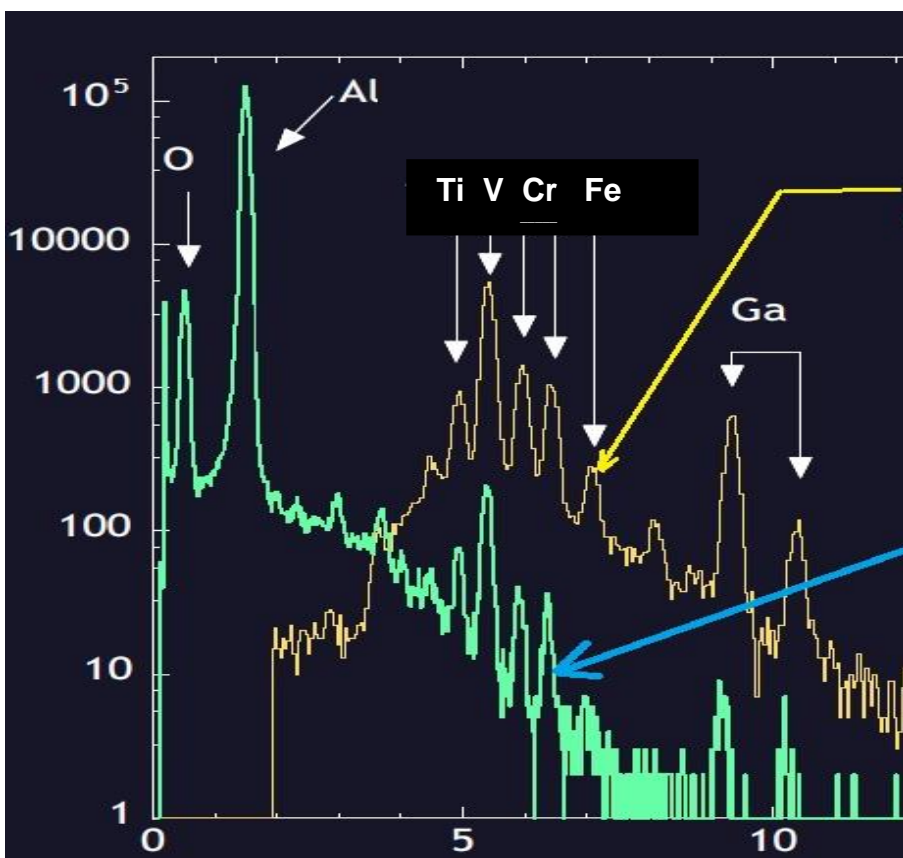
Son principe est simple : il s'agit de capter les rayons X émis par l'objet à analyser lorsqu'il est placé dans le faisceau d'un petit accélérateur d'ions. Deux détecteurs de rayons X permettent de doser simultanément les éléments majeurs et ceux présents à l'état de traces.

C'est une méthode d'analyse non destructive, sans prélèvement. Cependant elle ne mesure pas le carbone et l'azote et elle ne donne pas d'information sur les liaisons chimiques.

Longueurs d'onde λ des rayons X : entre 10^{-11} m et 10^{-8} m.

Relation entre λ et l'énergie E du photon correspondant : $E = \frac{h c}{\lambda}$ où $h = 7 \times 10^{-34}$ J.s est la constante de Planck et $c = 3 \times 10^8$ m.s⁻¹ est la vitesse de la lumière dans le vide.

Document 2 : spectre PIXE obtenu sur l'œil droit de la statuette.



Détecteur des éléments traces

Détecteur des éléments majeurs

Quantité en ppm

Énergie des rayons X en keV

Symboles des éléments présents dans le spectre :

- O : oxygène
- Al : aluminium
- Ti : titane
- V : vanadium
- Cr : chrome
- Fe : fer
- Ga : gallium

D'après C2RMF

Document 3 : Composition élémentaire de quelques « pierres rouges »

Le grenat est constitué majoritairement de silicates (SiO_4)⁴⁻ et comporte à l'état de traces l'aluminium (Al), le fer (Fe), le chrome (Cr), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le manganèse (Mn).

La spinelle est un oxyde de magnésium et d'aluminium de formule MgAl_2O_4 .

Le rubis est un oxyde d'aluminium de formule Al_2O_3 contenant des traces d'éléments métalliques dont le chrome (Cr) qui est à l'origine de sa couleur rouge.

La jaspe est une roche contenant très majoritairement de la silice de formule SiO_2 contenant des traces d'hématite de formule Fe_2O_3 à l'origine de sa couleur rouge.

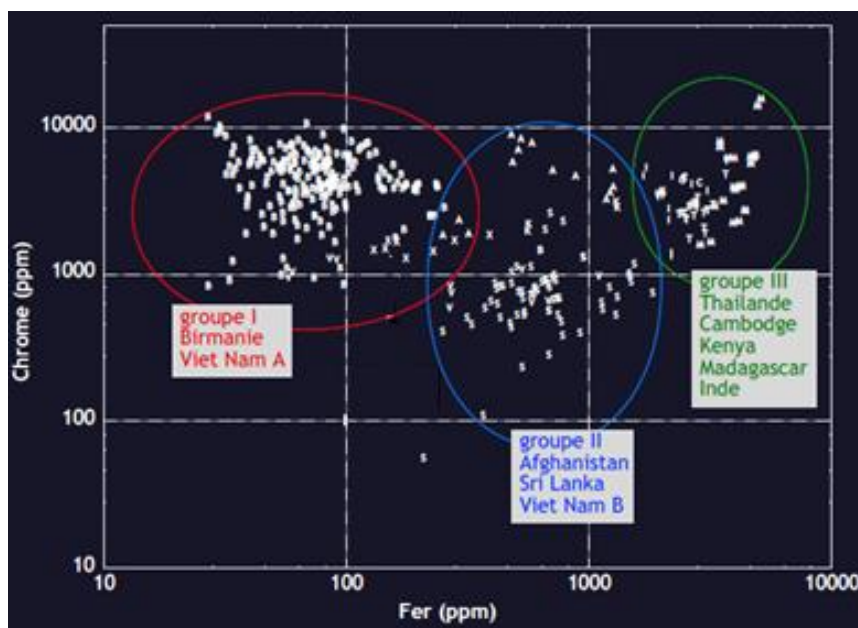
Document 4 : origine géographique de la pierre rouge.

La méthode PIXE permet de déterminer la nature d'une pierre précieuse, mais aussi son origine géographique.

Puisque lors de sa genèse, le cristal composant la pierre incorpore dans son réseau l'empreinte chimique du milieu environnant.

Pour mener cette comparaison, on a constitué une base de données de plus de 400 échantillons de référence classés en 3 groupes : I (Birmanie, Vietnam gisement A) ; II (Afghanistan, Sri Lanka, Vietnam B) ; III (Thaïlande, Cambodge, Kenya, Madagascar, Inde)

Le diagramme Cr/Fe présenté ci-contre, qui correspond à la comparaison des teneurs en éléments traces des pierres d'Ishtar et des gisements de référence nous permet de restreindre les provenances possibles.



Source : Art et sciences en TAA : activités et problèmes de physique et de chimie pour les élèves de terminale arts appliqués.

PARTIE B

(SUR 10 POINTS)

Les matériaux des ponts

Lire les documents suivants :

Document 1 – Un pont en béton

La construction d'un pont courant en béton à Cocloye en Saône-et-Loire (71) a été réalisée en 2006 dans le cadre des travaux de mise à 2 x 2 voies de la RN 80.

L'ouvrage a été construit par la Direction Départementale de l'Équipement de Saône-et-Loire, les travaux ont duré 11 mois.

Le pont comporte un tablier unique d'une longueur totale de 52 m ; il a nécessité 840 m³ de béton et 75 tonnes d'acier pour les armatures du béton armé.

Le coût total de la construction de l'ouvrage est de 850 000 euros.



D'après le site infociments.fr

Document 2 – Un pont métallique

Un pont à structure métallique a été construit près de Dunkerque. Celui-ci, d'une longueur de 32 mètres, est principalement constitué d'acier et pèse 33 tonnes. Il a fallu 6 mois de construction et son coût s'élève à environ 500 000 euros.



D'après le site bcmetalnord.com

Document 3 – Un pont en composite



Le premier pont en matériaux composites en Pologne a ouvert à la circulation le 9 février 2015 à Błazowa, au sud-est de la Pologne. Il est l'aboutissement du projet « Com-bridge » qui réunit la faculté de sciences des matériaux de l'Université de Varsovie, l'entreprise de construction Mostostal Warszawa, le cabinet de conseil en ingénierie des infrastructures de transport Promost Consulting et

l'Université polytechnique de Rzeszów.

Le pont est composé en partie de matériaux composites FRP (Fiber-Reinforced Polymer), plus légers que les matériaux tels que l'acier traditionnellement utilisés pour la construction. Ainsi, la partie du pont en matériaux composites de 22 mètres de long ne pèse que 3700 kg. Ces matériaux ont aussi l'avantage d'être plus solides que l'acier et moins chers à entretenir. Ils permettent de construire plus rapidement les infrastructures (quelques jours seulement). Ils sont déjà couramment utilisés dans les industries aérospatiale et automobile. Le projet Com-bridge a coûté 2,3 millions d'euros.

D'après le site diplomatie.gouv.fr

Document 4 - Vieillessement du matériau composite FRP

L'utilisation de FRP composite en tant que matériau pour la construction de ponts permet de résoudre le problème fondamental d'exploitation des structures de ponts traditionnelles : leur durabilité insuffisante due à la dégradation des matériaux qui les composent (acier, béton) par la corrosion et l'érosion. Le composite possède de très bonnes propriétés mécaniques et une remarquable résistance à la corrosion.

Il est prévu des coûts de maintenance minimales pendant les 50 premières années d'utilisation des ponts en matériaux composites.

Document 5 – Données sur les matériaux

	Béton	Acier	FRP
Masse	2,5 g	8,0 kg	1,8 kg
Volume du matériau lors de la pesée	1,0 mL	1,0 L	1,0 L

Questions :

1. Citer les deux constituants de l'acier.
2. Expliquer pourquoi, en plus du coût de fabrication d'un pont en structure métallique ou en béton armé, il faut prévoir un coût d'entretien.
3. Sans protection face aux éléments extérieurs, le fer peut subir une détérioration. Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction qui a lieu entre le métal fer (Fe) et le dioxygène de l'air (O_2). On donne les couples rédox mis en jeu : Fe^{2+} / Fe et O_2 / H_2O
4. Citer deux méthodes qui peuvent être utilisées pour protéger l'acier.
5. Donner la définition d'un matériau composite et citer un exemple différent de celui présenté dans les documents.
6. En utilisant le document 5, montrer que, comme l'affirme le document 3, les composites FRP sont plus « légers » que les matériaux traditionnels.
7. Donner trois avantages, autres que la légèreté, liés à l'utilisation d'un matériau composite pour la fabrication d'un pont.
8. À l'aide des données réparties dans l'ensemble des documents, montrer que l'utilisation d'un matériau composite engendre un important surcoût par rapport aux matériaux plus traditionnels dans la construction d'un pont (sans tenir compte de l'entretien).