



Première partie (10 points)

LES MATÉRIAUX DE LA TOUR EIFFEL

Questions (on s'aidera des documents ci-dessous)

1. Expliquer pourquoi Eiffel a choisi le fer puddlé pour construire la tour qui porte son nom.
2. Citer les constituants des aciers inoxydables.
3. Interpréter les expériences du **document 3** pour justifier la phrase du **document 2** : « le terme rouiller se réfère [...] à la corrosion du fer *en présence de dioxygène et d'eau* ».
4. Au cours de ce processus, des atomes de fer (Fe) se transforment en ions fer (II) (Fe^{2+}). Indiquer, en le justifiant, s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.
5. Écrire la demi-équation associée à cette transformation.
6. La cause probable de la corrosion du fer est la présence de dioxygène en milieu aqueux et acide. L'autre demi-équation électronique mise en jeu est alors :
$$\dots \text{O}_2 + \dots \text{H}^+ + \dots \text{e}^- = \dots \text{H}_2\text{O}.$$
Compléter cette demi-équation en indiquant les nombres stœchiométriques.
7. Écrire l'équation de la réaction d'oxydoréduction entre le métal fer (Fe) et le dioxygène.
8. Expliquer en quoi consiste le mécanisme de passivation de certains métaux.
9. Donner le nom du principal constituant du verre.
10. Expliquer l'intérêt d'utiliser du verre feuilleté lors de la rénovation de la Tour Eiffel.

Document 1. Choisie parmi 107 projets, la Tour Eiffel a couronné l'Exposition Universelle de Paris en 1889. Point d'orgue d'une époque, la construction de ce grand ouvrage, hymne au monde moderne, mais aussi symbole du fer et des expositions universelles, a nécessité l'emploi de 2 500 000 rivets qui ont permis de relier 18 038 pièces en fer *puddlé*, pré-assemblées.

Inventé par Henry Cort en 1784, le *puddlage* marque l'essor de la sidérurgie dans la première moitié du XIX^e siècle. Cette innovation anglo-saxonne portait sur l'affinage, à grande échelle, de la fonte élaborée dans les hauts fourneaux. Convenablement exécuté, un tel affinage permettait d'aboutir aux aciers, voire au fer si l'on poursuivait à l'extrême la décarburation.

Pratiquement exempt de carbone, le fer puddlé, matériau notamment décrit par Wurtz dans son dictionnaire de chimie, était plus rigide et de meilleure tenue à la corrosion atmosphérique que l'acier, autre innovation de l'époque. Il fut aussi choisi par Eiffel en raison de ses propriétés mécaniques, car on pouvait le façonner et le former en atelier, et surtout l'assembler par rivetage.

Document 2. Les métaux, autres que le fer, peuvent se corroder mais ne rouillent pas : le terme rouiller se réfère exclusivement à la corrosion du fer, en présence de dioxygène et d'eau, ou des alliages contenant du fer.

La rouille est un mélange complexe d'oxydes et d'hydroxydes de fer. Contrairement aux autres oxydes métalliques, elle est poreuse, volumineuse, a tendance à absorber l'humidité et n'adhère pas au métal.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Document 3.	(1)	(2)	(3)	(4)
Expérience	<p>eau paille de fer</p>	<p>bouchon dioxygène eau paille de fer</p>	<p>chlorure de calcium (déshydratant) paille de fer</p>	<p>huile eau bouillie (désoxygénée) paille de fer</p>
Indice de formation de la rouille : de 0 (pas de rouille) à 3 (beaucoup de rouille)				
Au bout de deux jours	1	2	0	0
Au bout d'une semaine	2	3	0	0

Document 4. Gustave Eiffel a conscience que la longévité de sa tour est indissociable de la bonne conservation de la structure de fer. En 1900, dans son ouvrage « La Tour de trois cents mètres », il écrit : « On ne saurait trop se pénétrer du principe que la peinture est l'élément essentiel de la conservation d'un ouvrage métallique et que les soins qui y sont apportés sont la seule garantie de sa durée ».

L'entretien de la surface de la Tour Eiffel comporte deux étapes : une préparation mécanique, puis un revêtement de peinture. La préparation mécanique débute par un piquage au marteau, afin d'éliminer les écailles, puis un « discage », qui achève la mise à nu du métal.

La peinture appliquée en 2002 et 2009 est une formule sans pigments de plomb, remplacés par du phosphate de zinc comme agent anticorrosion, plus résistante à la pollution atmosphérique que les peintures utilisées par le passé.

Document 5. Rénovation de la Tour Eiffel

Afin d'inviter les visiteurs à rester au premier étage, les architectes ont imaginé de leur faire vivre l'expérience du vide central grâce à un plancher en verre installé en périphérie de ce vide, complété de garde-corps également vitrés.

Les nouveaux planchers, qui remplaceront des éléments mis en œuvre lors de la rénovation de 1982, seront constitués de trois couches de verre dont la résistance a été augmentée grâce à un film Sentyglass. [...] Les garde-corps vitrés, hauts de 2,65 m et inclinés de 17° vers le vide se divisent en deux : ils sont en vitrage trifeuilleté jusqu'à 1,10 m et en bifeuilleté au-dessus.

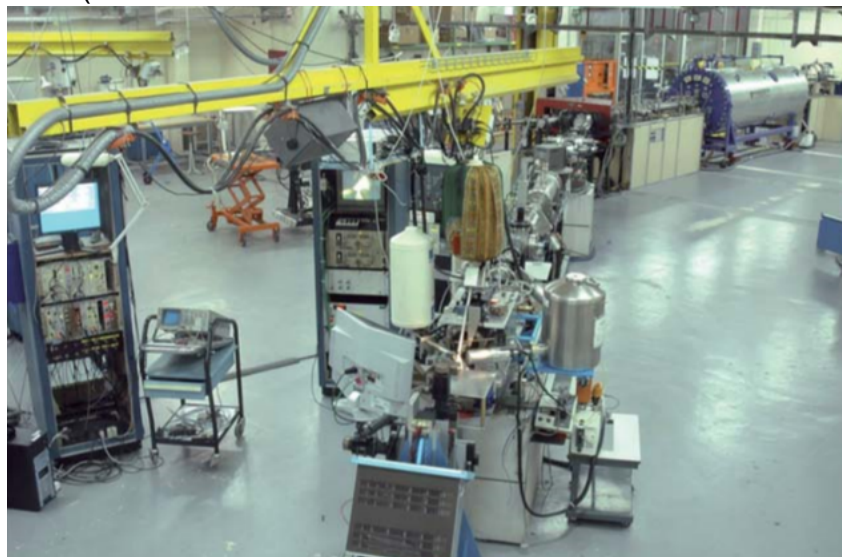
Revue « Le Moniteur » du 31 mai 2013.



Deuxième partie (sur 10 points)

LA MÉTHODE PIXE

L'accélérateur de particules AGLAE (Accélérateur Grand Louvre pour l'Analyse Élémentaire) présent au C2RMF (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France) dans les laboratoires souterrains du musée du Louvre travaille pour donner vie aux œuvres d'art. Il permet de réaliser une analyse élémentaire des œuvres d'art. Cette analyse élémentaire permet de connaître les éléments chimiques contenus dans les matériaux des œuvres.



Source de l'image : Aglaé ou la beauté vue par la science, avril 2019

Questions (on s'aidera des documents ci-dessous)

1. Citez l'intervalle de longueurs d'onde dans le vide des radiations visibles.
2. En utilisant le document 4, précisez si l'énergie associée aux rayons X est plus grande ou plus petite que l'énergie associée aux radiations visibles.
3. Expliquer pourquoi la technique PIXE a été choisie, plutôt qu'une méthode d'analyse chimique pour étudier la composition des pierres rouges de la statuette.
4. À l'aide des documents 1, 2 et 3, vous construirez un schéma explicatif présentant la méthode PIXE en vue de réaliser un poster scientifique sur l'analyse des œuvres d'art.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



1.1

Document 1 : Présentation d'accélérateur AGLAE

L'accélérateur de particules AGLAE produit et accélère des ions légers, par exemple H^+ , He^{2+} . Le matériau à analyser (la cible) est bombardé par un faisceau d'ions (les projectiles). L'atome cible et l'ion projectile interagissent, ce qui entraîne l'émission d'une particule qui est ensuite détectée et analysée. C'est cette particule émise qui donne des informations sur la nature chimique des atomes cibles.

Il s'agit d'une analyse élémentaire, elle consiste à déterminer quels sont les éléments chimiques contenus dans les matériaux de l'œuvre. Elle ne permet pas d'identifier la structure des composés, c'est-à-dire la répartition spatiale des atomes, des ions ou des molécules.

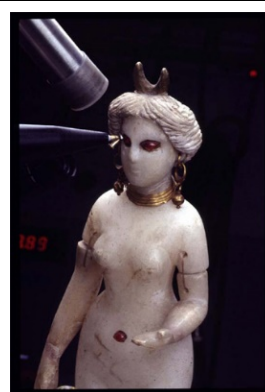
Selon la nature de la particule émise, différentes méthodes sont utilisées : la méthode PIXE, la méthode RBS, la méthode NRA.

Document 2 : Méthode PIXE

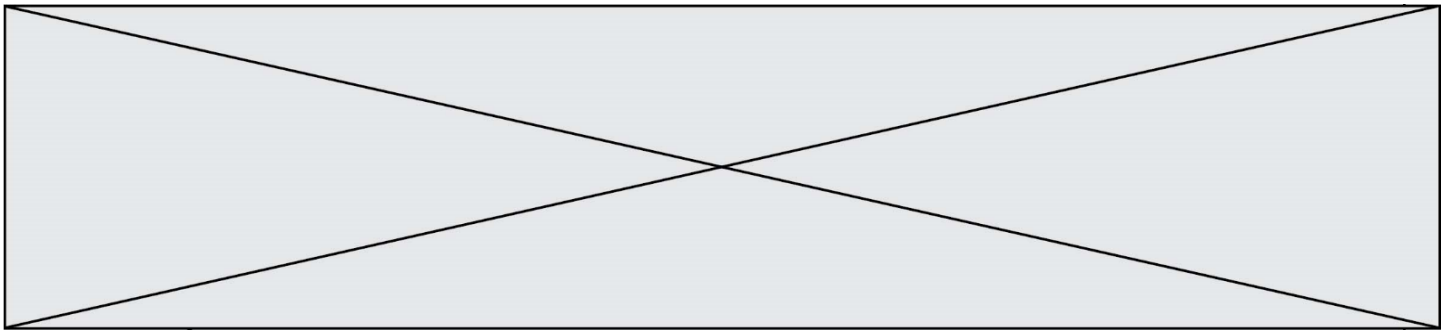
Le principe de la méthode PIXE (*Particle induced X-ray Emission*) est simple : il s'agit de capter les rayons X émis après l'interaction entre l'atome cible et l'ion projectile. Deux détecteurs de rayons X permettent de doser simultanément les éléments majeurs et ceux présents à l'état de traces.

Cette méthode a été utilisée pour analyser la composition des pierres qui ornent une statuette. Les résultats sont présentés dans le document 3.

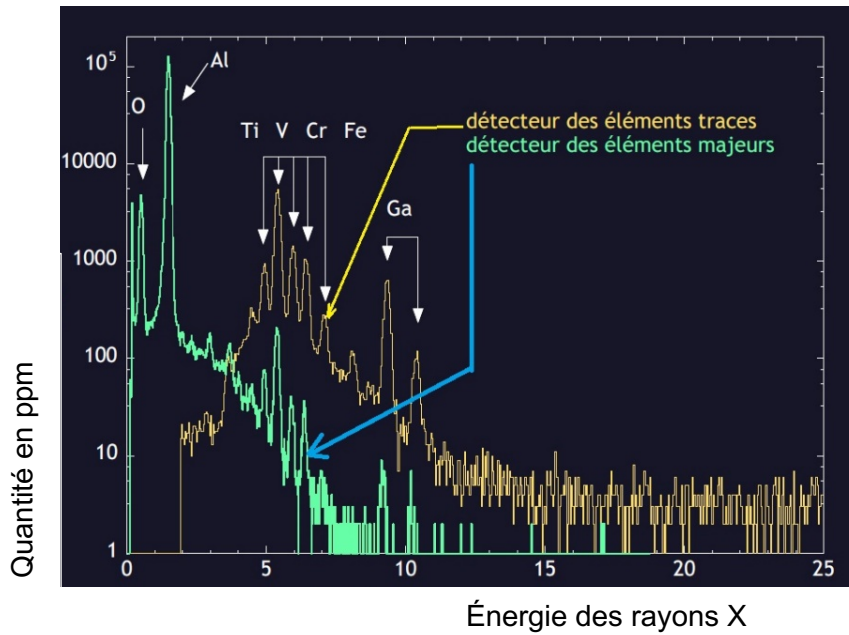
C'est une méthode d'analyse non destructive, sans prélèvement. Cependant, elle ne mesure pas le carbone et l'azote, et elle ne donne pas d'information sur les liaisons chimiques.



<http://www.lradioactivite.com/site/pages/identificationdemateriaux.htm>_avril 2019



Document 3 : Spectre PIXE obtenu sur l'œil de la statuette.



Symboles des éléments présents dans le spectre :

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

Source : C2RMF

Document 4 : Échelle des longueurs d'onde

