





## 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) ( $\text{Fe}^{2+}$ ). 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<sup>e</sup> 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                                                                          |     |     |     |     |
| 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)

### DES OMBRES COLORÉES

Sans lumière, pas de spectacle ! De la bougie au laser, tous les effets sont mis en place et programmés sur console par le régisseur lumière. Ces techniciens dirigent la préparation du matériel et assurent l'éclairage lors du spectacle. S'ils utilisent des projecteurs de lumières colorées, ils peuvent obtenir des ombres, elles-mêmes colorées, du plus bel effet.

Pour obtenir des ombres de mêmes couleurs que celles présentées sur la photographie du document 1 (jaune et bleue), on choisit d'utiliser deux projecteurs de lumière blanche ENCORE FR20 DTW. En leur adjoignant un petit dispositif supplémentaire, on peut produire des lumières colorées jaune et bleue. On place alors les deux projecteurs, ainsi équipés, de part et d'autre du sujet à éclairer.

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

1. L'indice de rendu des couleurs (IRC) est un nombre compris entre 0 et 100. Donner la définition de l'IRC et commenter la valeur de 95 pour le projecteur présenté dans le document 4.
2. Calculer le flux lumineux  $\Phi$  que recevrait un écran carré de 30 cm de côté éclairé par le projecteur, en lumière blanche, à une distance de 3 m.
3. Indiquer comment on peut, avec un projecteur de lumière blanche, produire une lumière colorée jaune. Préciser le type de synthèse alors mise en œuvre.
4. On utilise deux projecteurs, l'un de lumière jaune, l'autre de lumière bleue. Expliquer, en précisant le type de synthèse mis en jeu, pourquoi certaines parties du mur sur lequel se dessinent les ombres ne sont pas colorées (couleur blanche).
5. Recopier et compléter la phrase suivante :  
« Les couleurs jaune et bleue sont dites ..... ».
6. Réaliser, en vue de dessus, un schéma annoté sur lequel vous ferez apparaître : les deux projecteurs, le personnage de la photographie (qui sera, par souci de simplification, figuré par une simple sphère) et le mur du fond. Représenter les cônes d'ombre en précisant la couleur des différentes zones qui apparaissent sur le mur. Accompagner le schéma d'un texte qui explique l'obtention d'ombres colorées.

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.)

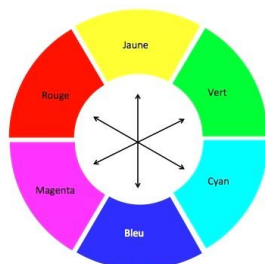
1.1

## Document 1 - Un exemple d'ombres colorées



Photo présentée sur le site <https://www.ruettihubelbad.ch>

## Document 2 - Cercle chromatique

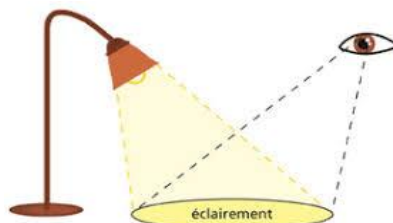


Sur le cercle chromatique, les couleurs diamétralement opposées sont complémentaires.

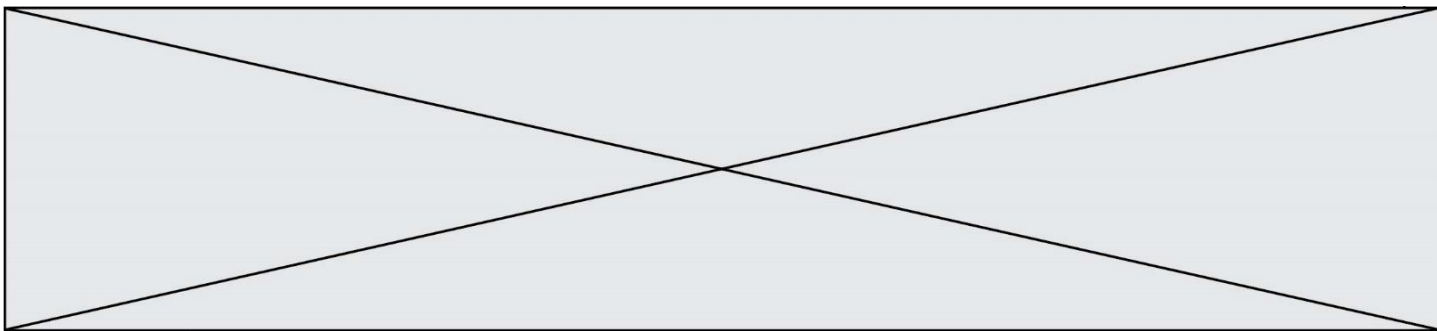
## Document 3 - L'éclairement

L'éclairement  $E$  en lux (lx) correspond au flux lumineux  $\Phi$  en lumen (lm) reçu par unité de surface  $S$  :  $E = \Phi / S$ .

Un lux est l'éclairement d'une surface qui reçoit, d'une manière uniformément répartie, un flux lumineux d'un lumen par mètre carré.



D'après le site <http://www.lumiere-spectacle.org>



#### **Document 4 - Projecteur scénique : ENCORE FR20 DTW**

Faisant partie de la série d'éclairages de scène ENCORE, le luminaire ENCORE FR20 DTW est équipé d'une lentille Fresnel de 2 pouces et d'un moteur à LED blanc chaud d'une puissance de 17 W.

Il produit un faisceau d'une température de couleur de 3 000 kelvins pour la scène, le théâtre et le commerce.

Le modèle ENCORE FR20 DTW est équipé d'un support de suspension, de porte-filtres pour façonner manuellement le faisceau de lumière et de deux filtres d'objectif supplémentaires pour modifier l'angle du faisceau de 19 à 10 ou 45 degrés.



#### **Caractéristiques techniques :**

- Projecteur Fresnel à LED blanc chaud de 17 W
- Éclairement à 3 mètres : 600 lux
- CRI : 95 (en français : IRC, indice de rendu des couleurs)
- Température de couleur : 3000 K
- Angle du faisceau : 19 degrés
- Boîtier aluminium extrudé très robuste
- Volets rotatifs et porte-filtres inclus
- Filtres inclus pour obtenir un faisceau de 10 ou 45 degrés
- Durée de vie d'environ 50 000 heures
- Alimentation multi-voltage CA 100 – 240 V, 50 / 60Hz
- Dimensions (L × l × H) : 259 × 133 × 210 mm
- Masse : 2 kg

*D'après le site marchand <https://www.levenly.com>*