



Première partie (10 points)

« LITER OF LIGHT »

DE LA LUMIÈRE À DES MILLIERS DE PERSONNES

L'idée d'insérer une bouteille d'eau dans le toit des maisons a émergé en 2002. La bouteille fonctionne comme un puits de lumière et permet d'apporter de l'éclairage pendant la journée dans des maisons le plus souvent dépourvues de fenêtres.

En 2011, le système a été amélioré. Dans la même bouteille, ont été intégrés une LED, des composants électroniques, une batterie, un tube et un panneau solaire, le tout pour 10 euros environ. Cela permet d'éclairer une pièce de 15 m² à la nuit tombée. Finalement le système a été transposé à l'éclairage des rues la nuit.

Ce système d'éclairage peu coûteux et très simple a été imaginé par « Liter of Light » (un litre de lumière en français), une ONG présente dans plus de 30 pays en voie de développement.



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

Sur la copie, le travail consiste à produire une présentation graphique du dispositif « Liter of Light ». Cette planche devra rendre compte :

1. du dispositif de la première version ainsi que du trajet de la lumière solaire dans la bouteille jusqu'à la pièce où elle est installée ;
2. du dispositif de la deuxième version, et en particulier du fonctionnement de la batterie lorsqu'elle se décharge dans la LED (circulation des électrons et des ions, réactions chimiques, nom de ces réactions) ;
3. de l'intérêt de « Liter of Light » pour les populations concernées, ainsi qu'en terme d'impact environnemental.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

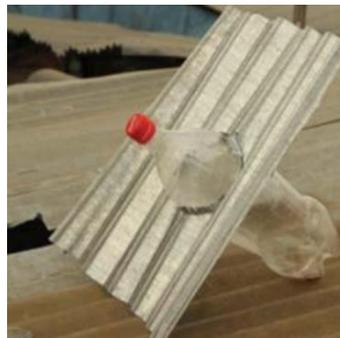
(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

DOCUMENT 1 : la première version de « Liter of Light »

On remplit d'eau et d'un peu d'eau de Javel une bouteille en plastique. La bouteille est poussée puis scellée dans une tôle d'acier qui sert de verrou pour l'empêcher de glisser. Le tout est ensuite intégré dans le toit de la maison, généralement en tôle ondulée lui aussi. Une petite partie de la bouteille est laissée à l'extérieur tandis que le reste fait saillie dans la maison.

L'eau de Javel évite la formation des algues, mais le principal défi est la colle qui doit être étanche, durable, et ne pas fondre au soleil. On utilise des colles à base de silicone ou de polyuréthane. C'est la version minimaliste du puits de lumière utilisé en architecture pour éclairer des pièces où l'on ne peut pas installer des ouvertures traditionnelles. La lumière du soleil qui frappe la bouteille subit une série de réflexions sur les parois intérieures de la bouteille et de réfractions air/eau et eau/air ⁽¹⁾. Ceci garantit d'avoir, à la sortie de la bouteille, une lumière omnidirectionnelle, ressemblant à celle d'une ampoule à incandescence de 40 à 60 W selon l'intensité de la lumière solaire, et permettant ainsi d'éclairer une pièce de 15 m².



(1) on considère que l'épaisseur de la paroi en plastique est quasi nulle.

DOCUMENT 2 : la deuxième version de « Liter of Light »

Une amélioration a été apportée au dispositif pour fournir un éclairage aussi durant la nuit. Un petit panneau solaire est relié à une batterie au lithium, du type de celles utilisées dans les portables, permettant ainsi de stocker, pendant le jour, l'énergie dans la batterie. La batterie et le circuit électrique sont insérés à l'intérieur d'un tuyau en PVC. La nuit tombée, un interrupteur permet de relier la batterie au lithium à une LED située à l'intérieur de la bouteille.





DOCUMENT 3 : la batterie au lithium

Constitution de la batterie lorsqu'elle est chargée :

Partie A : électrode de graphite dans laquelle sont piégés des atomes de lithium Li

Partie B : matériau qui autorise le passage des ions, mais pas celui des électrons

Partie C : électrode d'oxyde de cobalt

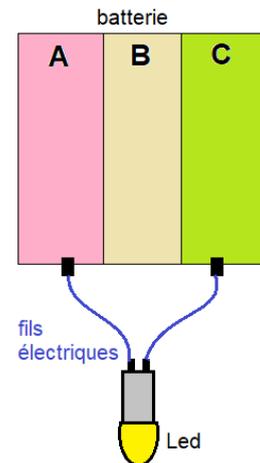
Fonctionnement lorsque la batterie se décharge dans la LED

Lorsque la batterie se décharge dans la LED, les atomes de lithium **Li** de la partie A se transforment en ions lithium **Li⁺** en libérant chacun un électron. Les ions lithium traversent alors la partie B, mais les électrons, ne pouvant traverser la partie B, sont contraints d'emprunter le circuit extérieur et de traverser la LED, qui s'allume.

Les ions lithium retrouvent les électrons dans la partie C et vont se transformer en atomes de lithium qui vont être piégés dans l'oxyde de cobalt.

Fonctionnement lorsque la batterie se charge

La batterie est alors reliée au panneau solaire et tout fonctionne en sens inverse, ce qui permet en quelque sorte de transférer à nouveau les atomes de lithium de la partie C vers la partie A.



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

Deuxième partie (sur 10 points)

IMAGERIE SCIENTIFIQUE

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

1. Dans le document 2, l'examen de l'œuvre est réalisé avec de la lumière visible. Rappeler les longueurs d'onde limites de ce domaine ainsi que les couleurs associées.
2. Préciser les informations qu'un tel examen permet de recueillir sur l'œuvre analysée.
3. Les documents 3 et 4 évoquent le phénomène de fluorescence qui est un type de luminescence. Définir le terme « luminescence ».
4. Indiquer, à l'aide du document 3, quelles informations peut apporter ce type d'examen sur l'histoire de l'œuvre étudiée.
5. À l'aide des données du document 4, vérifier que le rayonnement réémis par les objets analysés appartient bien au domaine des infrarouges.
6. Indiquer à l'aide du document 6 à quoi peuvent servir les rayons X dans le domaine des arts.
7. Placer, dans l'ordre, sur un axe gradué en longueurs d'onde les différents domaines cités dans les documents 2, 3, 4 et 6 : visible, UV, IR et rayons X. Aucune valeur de longueur d'onde limite de domaine n'est exigée dans cette question.
8. Déterminer à l'aide des documents 1, 5 et 6 si les rayons X utilisés dans le laboratoire du C2RMF pourraient être utilisés pour réaliser une mammographie.

Document 1 - Formules

$E = h \times \nu$ avec $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s avec :
 E : énergie d'un photon associé à l'onde
 ν : fréquence de l'onde

$\lambda = c / \nu$ avec λ : longueur d'onde

Équivalence entre électron-volt et joule : $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$



Document 2 - Photographie en lumière rasante

En utilisant la lumière visible, les photographies rasantes sont utilisées pour enregistrer le relief de surface d'un objet. Celles-ci sont réalisées de manière systématique sur les peintures de chevalet. Elles sont faites sous deux angles d'éclairage au moyen d'un faisceau lumineux dirigé formant un angle d'environ 10 degrés avec la surface. Elles permettent de localiser les moindres reliefs de la couche picturale (craquelures, soulèvements, cloques), ainsi que les déformations du support et les accidents (déchirures, rayures, enfoncements). La lumière rasante permet aussi d'apprécier l'écriture du peintre, caractérisée par le sens du relief de la touche, les empâtements ou certains gestes techniques.



Fig. 1. Photographie visible (gauche) et rasante (droite) révélant le réseau de craquelures.
Portrait de Joséphine, Andréa Appiani, château de Malmaison (Inv. M.M.2003.2.1). Image C2RMF/Elsa Lambert.

D'après <http://technologies.c2rmf.fr>

Document 3 - Fluorescence de l'ultraviolet (UV) vers le visible

La photographie de la fluorescence sous UV dans le visible (envoi d'UV à 365 nm et enregistrement dans le visible) est très utile pour repérer les matériaux organiques comme les vernis, les colles ou certains pigments et colorants (blanc de zinc, carmin, garance...) qui ont la propriété de fluorescer sous UV. Les images obtenues permettent d'analyser les peintures. Par exemple, les vernis classiques en peinture ont la propriété de fluorescer suivant deux paramètres : l'épaisseur et le temps. Plus le vernis est ancien, plus il fluoresce sous UV et plus il est épais, plus il fluoresce également. L'intensité de la fluorescence dépendant de deux paramètres, il n'est pas possible d'en déduire directement l'ancienneté de l'œuvre. Cependant, des différences de fluorescence de vernis sur un tableau permettent de repérer des interventions antérieures invisibles à l'œil nu, qui signent généralement des emplacements d'anciennes restaurations. Sur les objets, les fluorescences sous UV permettent d'observer des traces de colles d'anciennes restaurations, des badigeons ou d'autres matériaux généralement organiques comme de la cire d'abeille, des résines, de la gomme laque ou des matières grasses.

D'après <http://technologies.c2rmf.fr>

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Document 4 - Fluorescence du visible vers l'infrarouge

Les pigments antiques synthétiques « bleu égyptien » et « bleu de Han » sont reconnaissables en imagerie grâce à leur fluorescence particulière, du visible vers l'infrarouge. En effet,

leur composé principal, la cuprorivaïte, réagit à un rayonnement de longueur d'onde d'excitation égale à 610 nm, en réémettant par fluorescence un rayonnement à 960 nm. Cette fluorescence permet de repérer des petits grains résiduels provenant d'anciennes polychromies.



Fig. 2. Photographie visible (gauche) et photographie de la fluorescence sous lumière visible dans l'infrarouge (LIR) servant à repérer le pigment Bleu égyptien (en blanc). Cercueil de femme anonyme, musée du Louvre. Image C2RMF/Anne Maigret. D'après <http://technologies.c2rmf.fr>

Document 5 - Quelques informations sur les examens radiographiques appliqués à l'Homme

Pour réussir un examen radiographique, il faut adapter l'énergie E des photons des rayons X utilisés en fonction de la partie du corps analysée. Voici quelques exemples :

Sein (mammographie) : des rayons X peu énergétiques sont employés (énergie E comprise entre 30 keV et 40 keV).

Thorax : l'examen de cette partie du corps nécessite l'emploi de rayons X de haute énergie, soit E comprise entre 120 keV et 150 keV.

Colonne vertébrale : son examen nécessite l'emploi de rayons X d'énergie moyenne, soit E autour de 70 keV.

D'après <http://www.sfrnet.org>



Document 6 - Imagerie à rayons X

La radiographie est une image obtenue par transmission à travers l'ensemble de l'épaisseur de l'œuvre. Un faisceau de rayons X traverse l'œuvre dont les constituants absorbent plus ou moins le rayonnement en fonction de leur composition chimique et de leur épaisseur. Ces variations d'absorption sont enregistrées par un détecteur (film argentique ou capteur numérique) placé à l'arrière de l'objet étudié. Pour l'étude des œuvres peintes (2D), la radiographie apporte des informations sur l'état de conservation du support et de la couche picturale, mais également sur les techniques d'élaboration de l'œuvre).



Fig. 3. Photographie (gauche) et radiographie (droite) montrant une composition sous-jacente. *Cherchez d'abord votre Orphée*, Francis Picabia, musée Pierre-André Benoit. Images C2RMF/Pascal Lemaître (photographie) et Gérard Puniet (radiographie).

Concernant l'étude des objets d'art et d'archéologie (3D), le principe et le dispositif sont les mêmes que pour les peintures. Toutefois, les énergies utilisées sont bien supérieures et permettent de traverser des matériaux très denses (métal) ou de forte épaisseur (marbre). [...] De même, les renseignements apportés par la radiographie varient en fonction de la nature des matériaux de l'objet étudié : on ne détecte pas les mêmes informations sur une œuvre en cire, en bois, en plâtre ou en métal. Cependant, le point commun à toutes ces études est de rendre visibles des éléments qui ne sont pas accessibles à l'œil nu, car situés à l'intérieur même de l'objet [...]. L'installation pour réaliser des radiographies 2D et 3D située au C2RMF, avec un générateur de rayons X puissant (longueurs d'onde du rayonnement comprises entre $\lambda_1 = 2,96 \times 10^{-12}$ m et $\lambda_2 = 1,24 \times 10^{-11}$ m), est rare. Elle offre de nouvelles perspectives pour l'étude des œuvres d'art et d'archéologie.

D'après <http://technologies.c2rmf.fr>