

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 : / /

 LIBERTÉ - ÉGALITÉ - FRATERNITÉ
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

ÉPREUVES COMMUNES DE CONTRÔLE CONTINU

CLASSE : Première

E3C : E3C1 E3C2 E3C3

VOIE : Générale Technologique Toutes voies (LV)

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2 h

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui Non

Ce sujet contient des parties à rendre par le candidat avec sa copie. De ce fait, il ne peut être dupliqué et doit être imprimé pour chaque candidat afin d'assurer ensuite sa bonne numérisation.

Nombre total de pages : 9

PARTIE A

Bouquet final (10 points)

Dans cet exercice, on s'intéresse à différents aspects physico-chimiques d'un feu d'artifice.

La pyrotechnie, du grec « pyros » feu et « tekhnê » savoir-faire, est la technique des feux d'artifice. Elle fut inventée par les chinois, il y a plus de mille ans, et introduite en Occident grâce à Marco Polo au XIII^{ème} siècle.

Lors d'un feu d'artifice, la pièce d'artifice est l'élément le plus utilisé (voir schéma en coupe figure 1). La pièce est expulsée depuis un mortier jusqu'à une centaine de mètres de haut où elle explose pour former une figure lumineuse. La poudre noire présente dans la pièce d'artifice est un mélange intervenant lors des deux étapes : la propulsion, puis la dispersion des étoiles incandescentes qui forment le feu d'artifice.

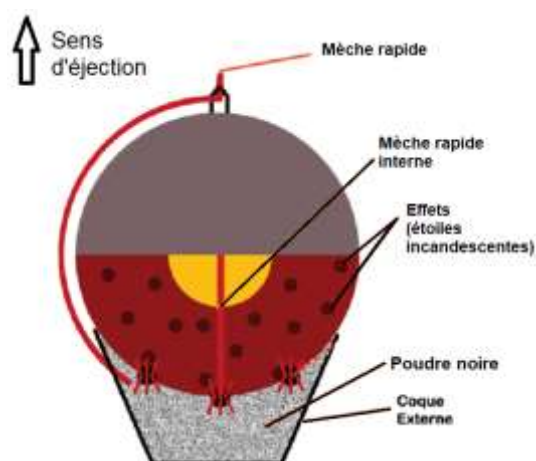


Figure 1 : Coupe d'une pièce d'artifice

Projet Scientifique Collectif « Combustion, flammes et feux d'artifice » École Polytechnique

<http://www.penangol.fr/rapports/combustion.pdf>

Article « Feux d'artifice » du site de la société chimique de France

<http://www.societechimiquedefrance.fr/feux-d-artifice.html>



Données :

- Intensité du champ de pesanteur : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.
- Masses molaires atomiques (en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$) : C : 12,0 ; N : 14,0 ; O : 16,0 ; K : 39,1
- Constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$;
- $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- la valeur de la célérité de la lumière c dans le vide est supposée connue par le candidat.

I. Aspect énergétique d'une pièce d'artifice lors de la phase ascensionnelle,

Dans cette partie, on modélise la pièce d'artifice par un point matériel dans le référentiel terrestre supposé galiléen. La pièce d'artifice étudiée, de masse 100 g, est tirée verticalement avec une vitesse initiale de valeur $v_0 = 100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. On étudie le mouvement de son centre d'inertie G, repéré par son ordonnée y dans un repère vertical (O, \vec{j}) orienté vers le haut.

On choisit l'instant $t_0 = 0 \text{ s}$ lorsque le centre d'inertie G est confondu avec l'origine du repère O. On néglige toute action mécanique de l'air. On admet que la masse de la bombe est constante lors de son mouvement ascendant.

En tenant compte des choix de modélisation précédents, un logiciel de simulation permet de représenter l'évolution temporelle de l'énergie cinétique E_c et de l'énergie potentielle de pesanteur E_p de la bombe lors de son mouvement ascendant : on obtient la représentation graphique ci-dessous.

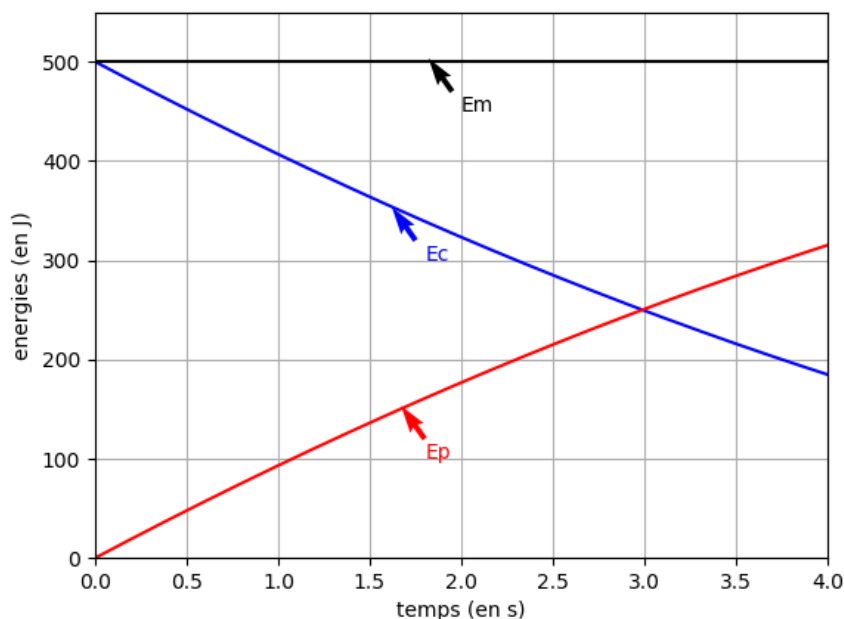


Figure 2 : Évolution des énergies cinétique et potentielle pendant l'ascension de la pièce

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 : / /

 Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

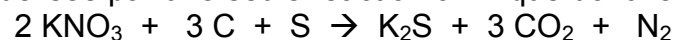
1. Après avoir rappelé la définition de l'énergie mécanique de la pièce d'artifice, exploiter la **figure 2** pour savoir si, dans la situation simulée, l'énergie mécanique se conserve. Commenter le résultat obtenu.
2. On suppose que la pièce explose à l'instant $t_A = 2,0$ s. Après cet instant, les évolutions de la **figure 2** ne sont plus respectées. À l'aide de la **figure 2**, déterminer la valeur de l'énergie potentielle à cet instant puis calculer l'altitude atteinte notée y_A .
3. En réalité l'altitude maximale atteinte par la pièce vaut 55 m. Commenter l'écart observé par rapport au modèle.

II. Combustion pyrotechnique

Le principe de base des feux d'artifice repose sur la combustion de la poudre noire contenant jusqu'à 75 % en masse de salpêtre de formule KNO_3 , jouant le rôle de comburant et un mélange essentiellement constitué de carbone, mais contenant également du soufre et des éléments métalliques pour la couleur (solides ioniques comportant, par exemple, des ions sodium pour le jaune ou des ions potassium pour le violet) ou pour les effets spéciaux (métaux comme par exemple le magnésium pour des étincelles).

Source : <http://www.societechimiquedefrance.fr/feux-d-artifice.html>

Afin de simplifier cette étude, on fait l'hypothèse que la combustion de la poudre noire peut être modélisée par une seule réaction chimique dont l'équation est :



4. Après avoir écrit la demi-équation électronique du couple CO_2 / C , préciser si le carbone joue le rôle d'oxydant ou de réducteur.

L'artificier prépare environ 25 g de poudre noire. Ce mélange est réalisé dans les proportions stœchiométriques de la réaction : il contient 3,20 g de carbone, du nitrate de potassium (salpêtre) de formule KNO_3 , du soufre S et des solides ioniques ou métaux en faible quantité.

5. Déterminer la valeur de quantité de matière de carbone dans ce mélange.
6. En déduire la masse de nitrate de potassium nécessaire pour réaliser ce mélange.
7. En déduire le pourcentage massique de nitrate de potassium présent dans la poudre noire préparée et indiquer si le résultat est compatible avec la description de la poudre noire.
8. Dans les conditions de la combustion étudiée, l'énergie molaire de combustion (pour la combustion d'une mole de carbone) vaut $E_{\text{mcomb}} = -208 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Montrer que la valeur de l'énergie libérée par la combustion de la poudre noire préparée par l'artificier est de l'ordre de 55 kJ.



9. Comparer la valeur précédente à l'énergie cinétique initiale de la bombe (voir **figure 2**) et interpréter la différence.

III. Émission lumineuse

Les feux d'artifice émettent de la lumière selon trois phénomènes : l'incandescence, l'émission atomique et l'émission moléculaire. On s'intéresse uniquement à l'émission atomique dans cette partie. Les ions des cristaux métalliques introduits sont excités thermiquement, ce qui leur permet de passer d'un niveau d'énergie fondamental à un niveau d'énergie supérieur ; au cours de leur retour vers l'état fondamental, l'énergie qu'ils avaient absorbée est émise sous forme de photons d'une longueur d'onde caractéristique de l'élément correspondant. L'ion sodium est l'un de ceux qui émet le plus de lumière par ce mécanisme. On donne ci-dessous des informations concernant l'émission de lumière par le sodium.

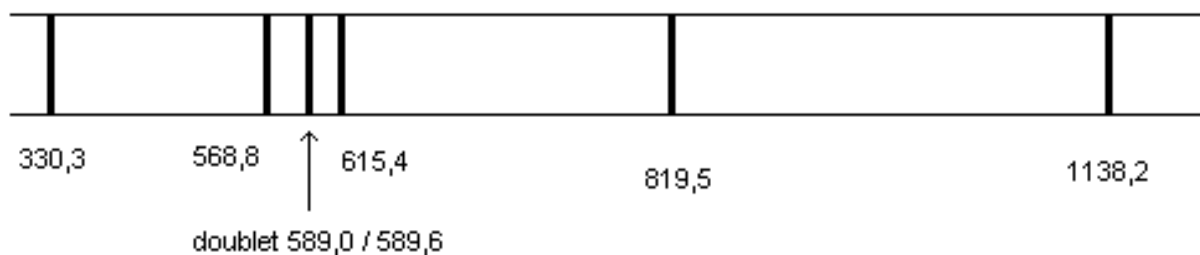


Figure 3 : Longueurs d'onde dans le vide (en nm) du spectre d'émission d'une lampe à vapeurs de sodium

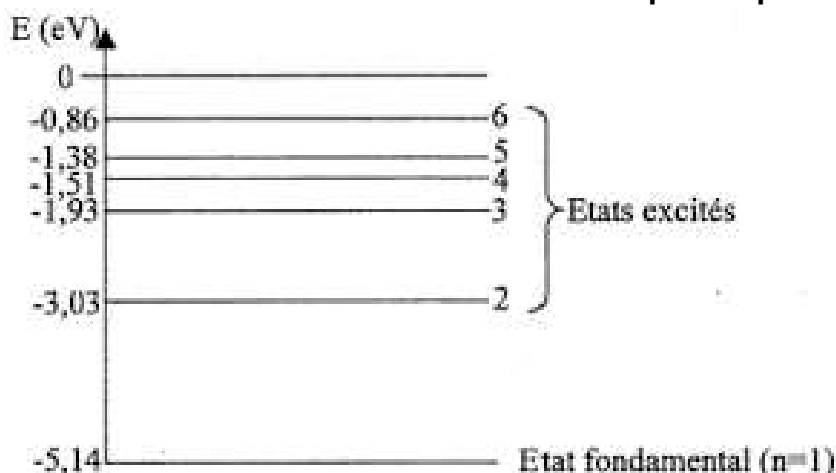


Figure 4 : Diagramme des niveaux d'énergie du sodium

10. Sur un diagramme de niveaux d'énergie d'un atome, comportant le niveau fondamental et un niveau excité d'énergie supérieure, illustrer le phénomène d'émission d'un photon.

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 : / /

Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

11. Déterminer quelle transition entre niveaux d'énergie du sodium représentés **figure 4** a lieu lors de l'émission de la raie jaune du sodium, de longueur d'onde $\lambda = 589,0 \text{ nm}$ dans le vide.

L'élève est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

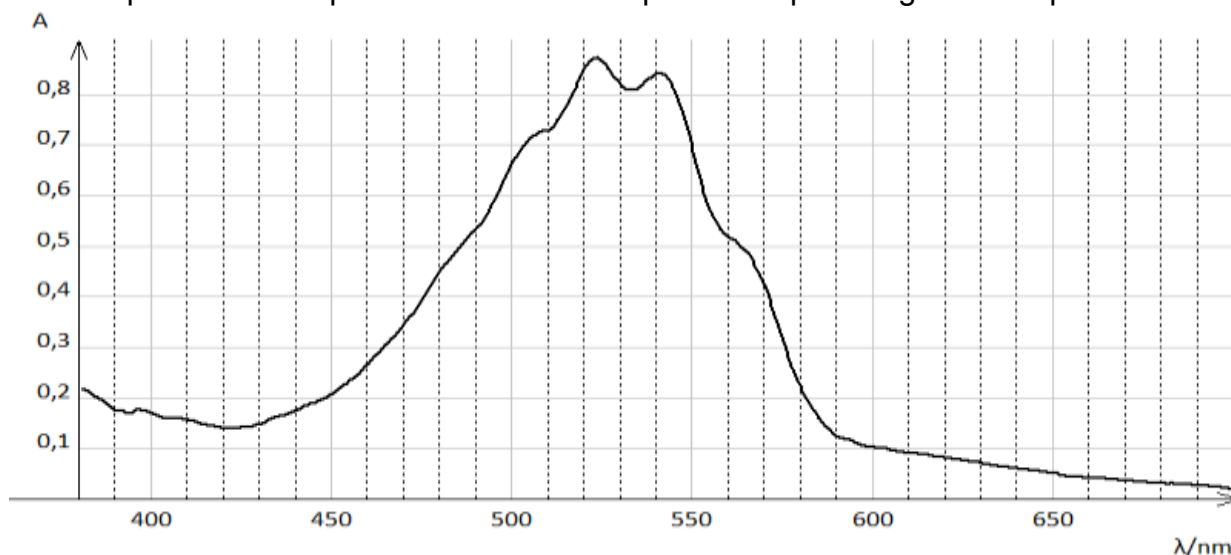
PARTIE B

Les comprimés de permanganate de potassium sont-ils périmés ? (10 points)

Une technicienne trouve dans les réserves du laboratoire de chimie des tubes de comprimés portant l'indication "PERMANGANATE DE POTASSIUM LAFRAN® 0,25 g comprimé pour application locale". Elle envisage d'utiliser ces comprimés pour une expérience, mais veut s'assurer, par dosage, qu'ils sont toujours conformes à la formulation donnée sur l'étiquette.

Données :

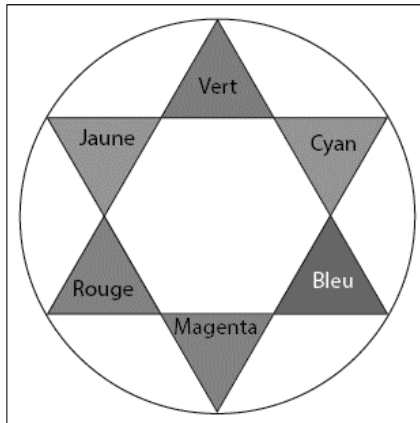
- Masse molaire du permanganate de potassium KMnO_4 : $M = 158 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- Spectre d'absorption d'une solution aqueuse de permanganate de potassium





- Cercle chromatique

- Couleurs et longueurs d'onde



| Couleur | λ en nm |
|---------|-----------------|
| Violet | 380 à 425 |
| Indigo | 425 à 460 |
| Bleu | 460 à 480 |
| Vert | 520 à 560 |
| Jaune | 565 à 575 |
| Orange | 575 à 595 |
| Rouge | 600-780 |

- Relation de conjugaison pour une lentille mince :

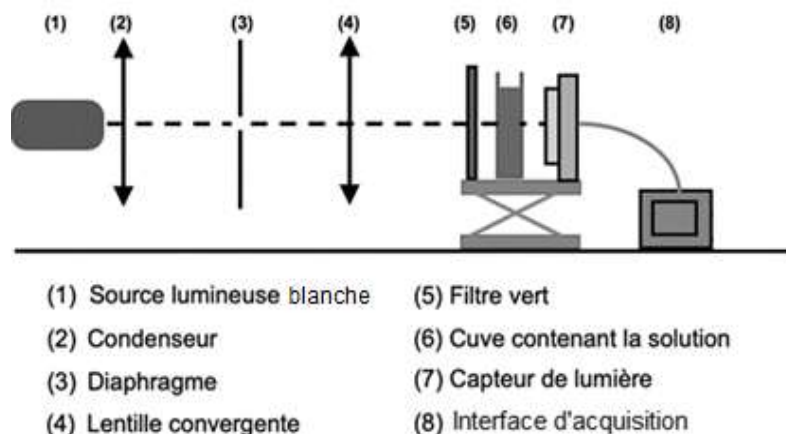
$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{f'}$$

avec f' la distance focale de la lentille, O le centre optique de la lentille, A un point objet et A' l'image de A à travers la lentille mince.

1. Conception d'un colorimètre

Ne disposant pas de spectrophotomètre, la technicienne réalise le montage correspondant au schéma ci-contre pour construire un colorimètre.

La lentille (4) permet de fabriquer un faisceau de lumière parallèle ; le constructeur indique, pour cette lentille, une valeur de distance focale de 5,0 cm.



1.1. La technicienne souhaite vérifier la valeur de la distance focale de cette lentille. Elle place la lentille à 15,0 cm d'un objet lumineux AB. L'image A'B' se forme alors sur un écran qu'elle doit placer à 7,5 cm de la lentille.

1.1.1. Montrer que les mesures faites par la technicienne sont cohérentes avec la valeur indiquée par le constructeur.

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 : / /

Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

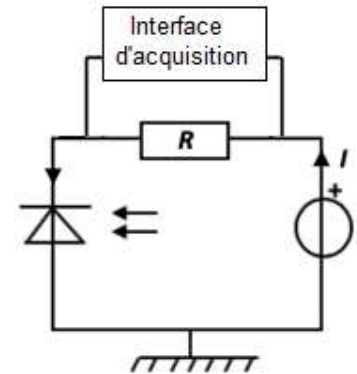
1.1

1.1.2. Quelle autre expérience rapide aurait-elle pu mettre en œuvre pour estimer la distance focale de la lentille ?

1.2. À l'aide des données fournies, justifier le choix de placer le filtre vert (5) devant la cuve contenant la solution pour réaliser les mesures.

1.3. Le capteur de lumière (7) est constitué du montage ci-contre. Il comporte une photodiode. La photodiode laisse circuler dans le circuit un courant électrique d'intensité I proportionnelle à l'éclairement qu'elle reçoit. On connecte l'interface d'acquisition aux bornes de la résistance R .

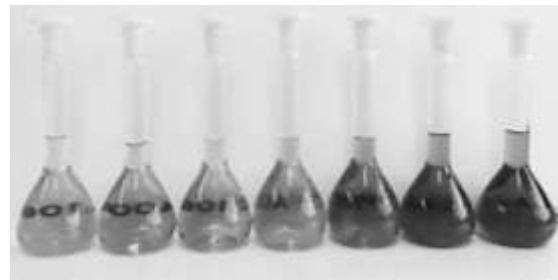
Justifier que, dans ce montage, la tension électrique U mesurée par la centrale d'acquisition aux bornes de la résistance R , est proportionnelle à l'éclairement reçu par la photodiode.



2. Dosage du permanganate de potassium dans un comprimé

2.1. Méthode de dosage utilisée

Pour vérifier la conformité des comprimés, la technicienne prépare une gamme étalon à partir d'une solution de permanganate de potassium de concentration connue. Elle utilise ensuite le colorimètre qu'elle a construit.

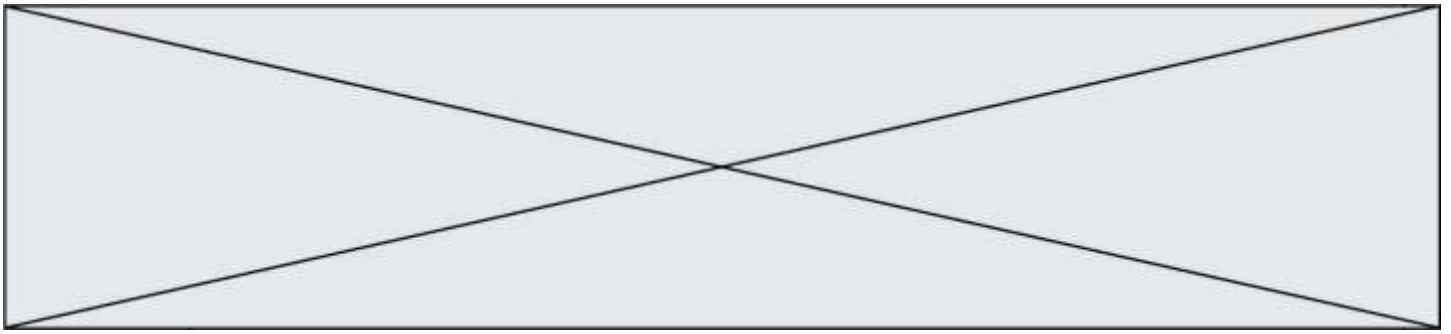


Un traitement des données expérimentales acquises par l'interface d'acquisition, permet à la technicienne d'obtenir la valeur de l'absorbance A de chaque solution étalon. Elle trace le graphe représentant l'évolution de l'absorbance A en fonction de la concentration C de la solution en permanganate de potassium. Le graphique est donné en annexe. Indiquer si avec la gamme étalon utilisée, la relation de Beer-Lambert peut s'appliquer.

2.2. Détermination de la masse de permanganate de potassium dans un comprimé.

Pour déterminer la composition en permanganate de potassium d'un comprimé, la technicienne met en oeuvre les étapes suivantes :

- Étape 1 : elle prépare une solution aqueuse S_0 de volume $V_0 = 0,500$ L dans laquelle est dissoute un comprimé.
- Étape 2 : elle dilue 10 fois la solution S_0 pour obtenir une solution S_1
- Étape 3 : elle mesure la tension aux bornes de la résistance pour la solution S_1 et obtient, après traitement de la mesure, une absorbance $A = 0,28$.



2.2.1. Dans la liste ci-dessous, identifier le matériel nécessaire à une réalisation précise de la dilution présentée dans l'étape 2 et rédiger le protocole

- Bêchers gradués : 50 mL ; 250 mL
- Éprouvettes graduées : 10 mL ; 50 mL ; 250 mL
- Pissette d'eau distillée
- Pipettes jaugées : 5,0 mL ; 10,0 mL ; 20,0 mL
- Pipettes graduées : 5,0 mL ; 10,0 mL ; 20,0 mL
- Fioles jaugées : 100,0 mL ; 250,0 mL
- Pipeteur

2.2.2. Exploiter le graphique **en annexe à rendre avec la copie** pour déterminer la valeur de la concentration en quantité de matière C_1 en permanganate de potassium dans la solution diluée S_1 .

2.2.3. Le comprimé a-t-il conservé sa composition d'origine ?

3. Rédaction d'un compte rendu de l'expérience.

La technicienne utilise, sur son ordinateur, un logiciel de traitement d'images pour schématiser l'expérience en couleur.

3.1. Un écran d'ordinateur est constitué de pixels eux-mêmes divisés en trois sous-pixels - Rouge (R), Vert (V) et Bleu (B) - émettant chacun une lumière d'intensité réglable entre 0 et 100%.

- Un sous pixel réglé à 100% est totalement éclairé.
- Un sous pixel réglé à 0% est totalement éteint.

Identifier, parmi les propositions suivantes, celle qui permet de reproduire sur l'écran la teinte de la solution de permanganate de potassium. Justifier ce choix.

| Proposition 1 | Proposition 2 | Proposition 3 | Proposition 4 |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| R : 54,6 % | R : 7,5 % | R : 88,6 % | R : 22,5 % |
| V : 50,2 % | V : 88,2 % | V : 10,8 % | V : 10,8 % |
| B : 58,2 % | B : 10,2 % | B : 95,3 % | B : 79,2 % |

3.2. Préciser le type de synthèse des couleurs (additive ou soustractive) mise en jeu :

3.2.1. Lorsque « le cerveau fait la synthèse des lumières reçues par l'œil » face à un écran.

3.2.2. Lors de l'impression du document sur une imprimante à jet d'encre.

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 : / /

 Liberté - Égalité - Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

ANNEXE À JOINDRE À LA COPIE

Graphique : Absorbance des solutions de la gamme étalon en fonction de la concentration

