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.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.1

ÉVALUATION

CLASSE : Terminale – Épreuve de fin de cycle

VOIE : ☒ Générale ☐ Technologique ☐ Toutes voies (LV)

ENSEIGNEMENT : Enseignement scientifique
<u>sans</u> enseignement de mathématiques spécifique

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2 h

Niveaux visés (LV) : ø

Axes de programme : ø

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒Oui ☐ Non

DICTIONNAIRE AUTORISÉ : ☐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.

☐ Ce sujet intègre des éléments en couleur. S'il est choisi par l'équipe pédagogique, il est nécessaire que chaque élève dispose d'une impression en couleur.

☐ Ce sujet contient des pièces jointes de type audio ou vidéo qu'il faudra télécharger et jouer le jour de l'épreuve.

Nombre total de pages : 13

Parmi les trois exercices qui composent ce sujet, le candidat en traite obligatoirement deux.

L'exercice 1, du niveau de la classe de terminale, doit être <u>obligatoirement</u> abordé.

Pour le deuxième exercice, le candidat <u>choisit</u> entre l'exercice 2 et l'exercice 3 qui sont du niveau de la classe de première. Il indique son choix en début de copie.

Exercice 1 (obligatoire) – *Niveau terminale*

Thème « Le futur des énergies »

L'agrivoltaïsme

Sur 10 points

L'agrivoltaïsme est un système destiné à protéger l'agriculture des aléas météorologiques et, à titre secondaire, à produire de l'électricité d'origine photovoltaïque. Il est constitué de panneaux, recyclables à 90 %, situés à environ 4,50 m de hauteur afin de pouvoir laisser passer tous les engins agricoles. Les panneaux sont mobiles, pilotés à distance grâce à un algorithme complexe, au gré des besoins : à plat pour protéger la production d'une pluie battante, d'un soleil brûlant, du gel ou de la grêle, ou à la verticale pour laisser passer un maximum de lumière et de pluie.

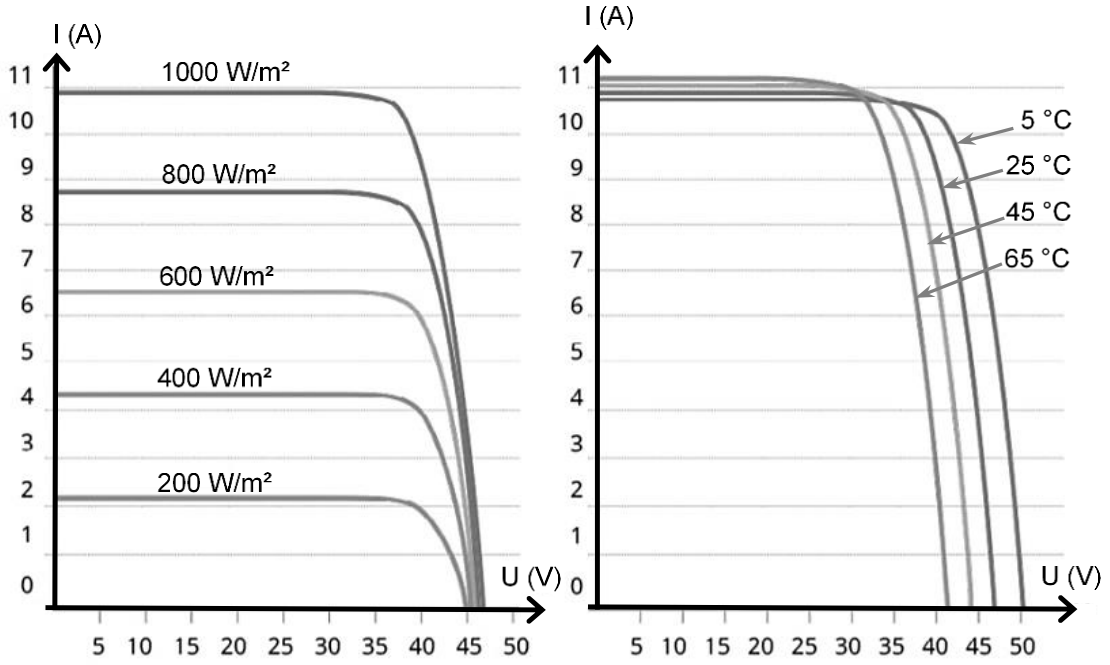
<u>Document 1 :</u> le projet à Tresserre

Le projet à Tresserre (Pyrénées-Orientales) couvre une surface agricole de 4,5 hectares*. Avec ses 7 800 panneaux, le taux de couverture photovoltaïque s'élève à 40 %. Le coût du projet s'élevant à 20 millions d'euros, une rentabilité de cette centrale est espérée d'ici à dix ans grâce à la vente de l'électricité. Les 2,2 mégawatts** produits pour un éclairement énergétique de 800 W/m², à une température ambiante de 20°C et à une vitesse du vent de 1 m/s, produiraient l'énergie suffisante pour la consommation de plus de 650 foyers.

* 1 hectare (ha) = 10 000 m² ** 1 mégawatt (MW) = 1 000 000 W

Source : https://sunagri.fr

<u>Document 2 :</u> courbes représentatives types de l'intensité *I* en fonction de la tension *U* aux bornes d'un panneau photovoltaïque, selon l'éclairement reçu pour l'une (à température donnée), selon la température de fonctionnement pour l'autre (à éclairement donné)



Source : http://www.photowatt.com

<u>Document 3 :</u> production du silicium

La très grande majorité des panneaux solaires sont constitués de silicium cristallin, élément que l'on extrait du sable ou du quartz. En 1990, la production mondiale de silicium de qualité « métallique » atteignait 800 000 tonnes. Seulement 4 % a obtenu la qualité électronique. Après les dernières étapes de purification et d'importants déchets de fabrication, seulement 0,4 % a fini dans des cellules photovoltaïques et 0,1 % dans des composants électroniques. Il aura fallu utiliser plus de 100 000 tonnes de chlore et 200 000 tonnes d'acides et solvant divers dont le traitement n'était pas assuré à l'époque. La pollution constatée atteste que ces effluents toxiques ont été rejetés dans l'environnement, polluant les nappes phréatiques.

Source : d'après https://ecoinfo.cnrs.fr/2010/10/20/5-impacts

1- Décrire la chaîne de transformation énergétique représentant la conversion d'énergie qui a lieu dans une cellule photovoltaïque.

2- Définir le rendement d'une cellule photovoltaïque.

3- Calculer la surface totale des panneaux photovoltaïques du projet Tresserre évoqué dans le document 1.

4- Montrer que la puissance moyenne délivrée, en watts, pour un mètre carré de panneau photovoltaïque est de 122 W dans les conditions du projet de Tresserre.

5- Calculer le rendement de l'installation.

6- Sachant que la puissance est le produit de la tension U et de l'intensité I, indiquer deux paramètres (autres que U ou I) influençant la puissance délivrée et préciser leur influence sur la puissance produite.

7- Présenter de façon argumentée les avantages et les inconvénients de l'agrivoltaïsme dans la cadre de la transition énergétique.

Exercice 2 (au choix) – *Niveau première*

Thème « Le Soleil, notre source d'énergie »

Seul sur Mars

Sur 10 points

En 2035, lors d'une expédition de la mission *Ares III* sur Mars, l'astronaute Mark Watney est laissé pour mort par ses coéquipiers, une tempête les ayant obligés à décoller de la planète en urgence.

Le lendemain, Mark Watney, qui n'est que blessé, se réveille et découvre qu'il est seul sur Mars.

Pour survivre, il décide de cultiver des pommes de terre sous le dôme de la base, en utilisant le sol martien fertilisé avec les excréments de l'équipage, de l'eau et l'énergie solaire.

Source : http://www.allocine.fr/film/fichefilm-221524/dvd-blu-ray/?cproduct=443240

Partie 1. Puissance rayonnée par le Soleil

Le Soleil, d'une masse totale de $2{,}0\times10^{30}$ kg, est l'étoile du système solaire. Il est composé majoritairement d'atomes d'hydrogène H et d'atomes d'hélium He. Autour de lui gravitent la Terre et d'autres planètes comme Mars. La puissance rayonnée par le Soleil est voisine de $3{,}9\times10^{26}$ W.

Document 1. Réaction nucléaire de synthèse de l'hélium à partir de l'hydrogène dans le Soleil

Sous l'effet de la température suffisamment élevée existant au cœur du Soleil, quatre noyaux d'hydrogène peuvent réagir pour former un noyau d'hélium et deux positons selon l'équation de la réaction nucléaire simplifiée, dans laquelle ${}^{0}_{1}e$ représente un positon (particule de charge opposée à celle de l'électron) :

$$4\ {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\ {}^{0}_{1}e$$

Cette réaction s'accompagne d'une perte de masse et donc d'un dégagement d'énergie.

1- Indiquer en le justifiant, si la formation de l'hélium dans le Soleil est une réaction de fusion ou de fission nucléaire.

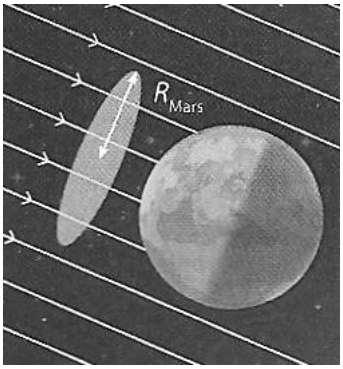
Partie 2. Puissance solaire reçue par Mars

La base martienne de la mission *Ares III* est alimentée en énergie par des panneaux solaires qui captent le rayonnement solaire arrivant sur le sol martien. On souhaite connaître la puissance reçue par ces panneaux solaires.

2- Sachant que la planète Mars est située à la distance $d_{M\text{-}S}$ = 2,3×10^8 km du Soleil, et à partir des données de la partie 1, calculer en W·m^{-2} la puissance par unité de surface traversant la sphère dont le centre est le Soleil et dont le rayon est $d_{M\text{-}S}$. Cette puissance par unité de surface appelée constante solaire de Mars et notée C_{Mars}.

Donnée : aire S d'une sphère de rayon d : $S = 4\times\pi\times d^2$.

Document 2. Schéma d'un disque recevant une puissance solaire égale à celle reçue par Mars



La puissance solaire reçue par Mars traverse un disque fictif de rayon R_{Mars} et se répartit ensuite sur toute la surface de la sphère martienne de rayon R_{Mars}. Celle-ci est en rotation sur elle-même.

On peut considérer que le disque fictif est situé à la même distance du Soleil que Mars.

Source : Daujean, C. D., & Guilleray, F. G. (2019). Le bilan radiatif terrestre. Éd. Hatier, Enseignement scientifique (p. 101).

3- La puissance solaire moyenne reçue sur Mars par unité de surface est proche de $C_{Mars}/4$; sa valeur est voisine de 150 W·m^{-2}. Expliquer qualitativement pourquoi cette puissance moyenne par unité de surface est plus petite que C_{Mars}.

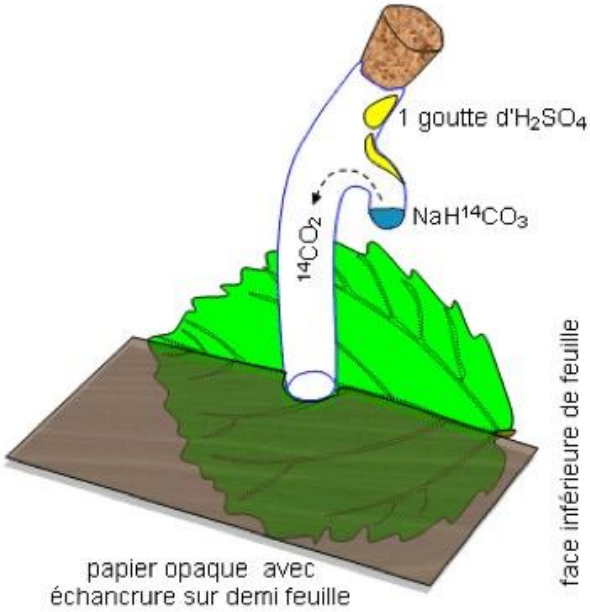
Partie 3. Des pommes de terre sur Mars

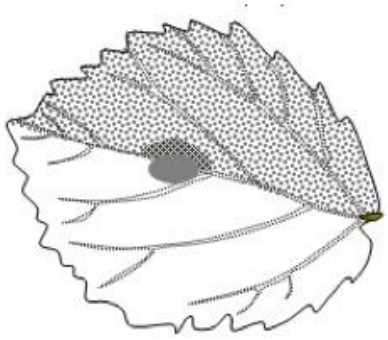
Le dôme de la base martienne permet de recréer l'atmosphère terrestre. Grâce à un ingénieux système permettant de fournir l'eau nécessaire à la croissance des végétaux et à un éclairage adapté alimenté en électricité par les panneaux solaires, Mark Watney, botaniste de formation, décide de réaliser une culture végétale qui lui fournira de la nourriture nécessaire à sa survie.

4- À partir de l'exploitation des résultats expérimentaux du document 3 ci-après, identifier un facteur essentiel à la production de glucides par la plante.

Document 3. Fixation du CO_2 par une feuille

Une feuille est mise au contact en son centre avec du CO_2 marqué au ^{14}C radioactif durant 5 minutes. Le CO_2 marqué peut diffuser dans la feuille à partir de la zone centrale. Seule la moitié de la feuille est exposée à la lumière. La technique d'autoradiographie permet de localiser des sucres radioactifs qui impressionnent fortement une plaque photographique mise au contact de la feuille (zone sombre sur le document).





Résultat de l'autoradiographie
(révélation des glucides radioactifs)

D'après : http://svt.ac-dijon.fr/schemassvt/IMG/gif/co2_feuill_maz.gif

5- Au 79ème jour, Mark Watney récolte les tubercules de pomme de terre, qui ont stocké de l'énergie sous forme chimique.

Calculer le nombre de jours d'autonomie dont dispose Mark Watney grâce à sa récolte de pommes de terre avant qu'une nouvelle mission ne vienne le récupérer sur Mars.

Expliciter la démarche.

Données :

- Surface du champ de pommes de terre : S = 126 m²
- Rendement* de la pomme de terre : r = 3 kg·m^{-2}
- Apport énergétique des pommes de terre : A = 3400 kJ·kg^{-1}
- Dépense énergétique moyenne par jour martien de Mark Watney : D = 11000 kJ

***** En agriculture, on appelle rendement la masse végétale récoltée par unité de surface et par saison.

Exercice 3 (au choix) – *Niveau première*

Thème « Une longue histoire de la matière »

Un poison radioactif

Sur 10 points

Un écrivain vous contacte pour achever un roman d'espionnage… Suspense !

Document 1 : lettre de l'écrivain à votre attention

Bonjour, je suis Jules Servadac, écrivain de roman policier. Je vous sollicite afin de valider quelques aspects scientifiques de mon roman.

Voici mes premières lignes :

« Pierre et Marie Curie ont découvert le polonium, juste avant le radium qui les rendit célèbres. Le polonium-210 (^{210}Po) est mille fois plus toxique que le plutonium, et un million de fois plus encore que le cyanure. Sachez que dix microgrammes (µg) sont nécessaires pour empoisonner un homme de poids moyen en quelques semaines et que cette dose mortelle est invisible à l'œil nu ».

Dans mon roman, Tiago, agent secret de Folivie, souhaite s'en servir pour éliminer un agent infiltré. Celui-ci dîne tous les soirs dans le même restaurant : l'agent secret compte en profiter pour « poivrer » à sa façon son dîner.

Pour cela, Tiago doit se procurer du polonium-210. Pour des raisons logistiques, il ne peut récupérer le polonium que 100 jours avant le dîner programmé dans un autre pays. Or le polonium perd la moitié de sa radioactivité tous les 138 jours.

J'ai deux problèmes à vous soumettre concernant la quantité de polonium que Tiago doit transporter :

- Restera-t-il suffisamment de Polonium-210 radioactif à la fin de son voyage ?
- La dose sera-t-elle invisible à l'œil nu ?

Document 2 : données relatives au polonium

Le polonium est l'un des rares éléments à cristalliser dans le réseau cubique simple.

Paramètre de maille : $a = 3{,}359 \times 10^{-10}$ m.

Masse molaire du polonium : $M(Po) = 209{,}98\ g{\cdot}mol^{-1}$.

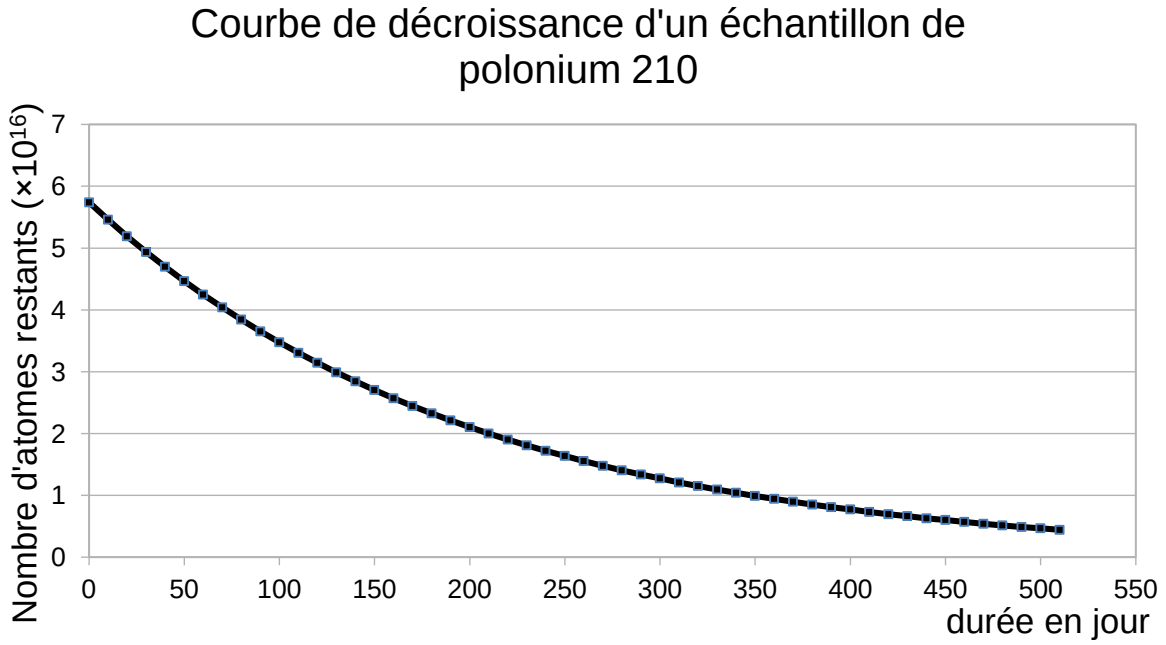
Donnée complémentaire : nombre d'Avogadro $N_A = 6{,}022 \times 10^{23}\ mol^{-1}$.

Il est rappelé que la masse molaire d'un élément est la masse d'une mole de quantité de matière de cet élément.

Partie 1 : la radioactivité du polonium

L'objectif est ici de vérifier qu'en partant avec 20 µg de polonium-210, il restera suffisamment de polonium radioactif à l'issue du voyage.

Document 3 : courbe de décroissance radioactive du polonium



1- Déterminer en µg la masse initiale de Polonium présente dans l'échantillon utilisé pour réaliser le graphique du document 3.

2- Jules Servadac écrit dans son roman : « Le polonium perd la moitié de sa radioactivité tous les 138 jours ».

2-a- Définir scientifiquement la grandeur physique sur laquelle il appuie cette affirmation, en donnant son nom.

2-b- La faire figurer sur le graphique du document réponse à rendre avec la copie en laissant apparents les traits de construction.

3- Justifier par la méthode de votre choix que, pour l'échantillon considéré, la quantité de polonium restant après le voyage sera suffisante pour accomplir la mission.

Partie 2 : la structure du polonium

L'objectif est ici de vérifier que les 10 µg de polonium dont Tiago a besoin pour empoisonner l'agent infiltré sont bien invisibles à l'œil nu.

4- À partir de vos connaissances et des informations apportées par le document 3, répondre aux questions suivantes :

4-a- Représenter la structure cubique simple du polonium en perspective cavalière.

4-b- Dénombrer, en indiquant les calculs effectués, les atomes par maille.

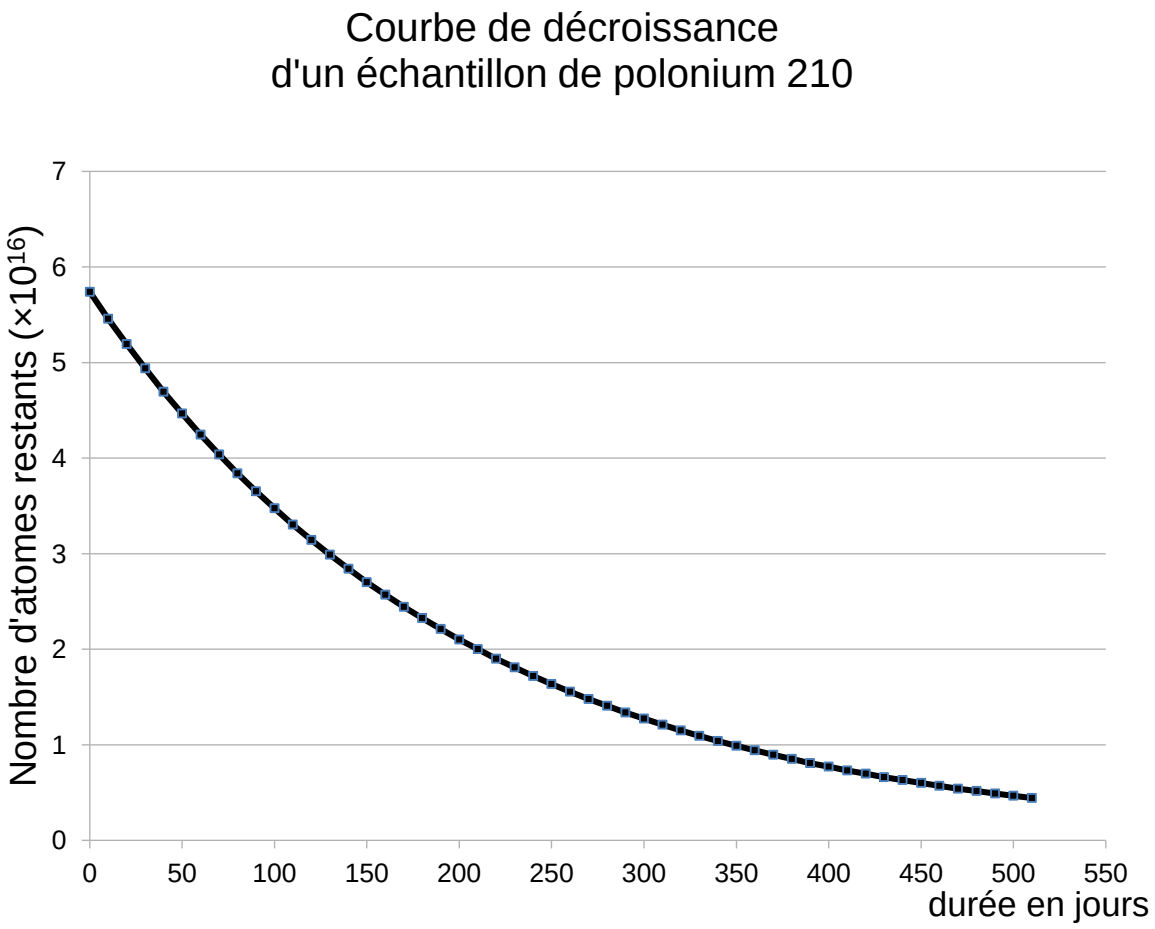
5- Montrer que la masse volumique du polonium est de $9{,}20 \times 10^{6}$ $g.m^{-3}$.

6- Comparaison avec la taille d'un grain de poivre.

6-a- Calculer le volume occupé par la masse de polonium utilisée par Tiago (10 µg).

6-b- Sachant qu'un grain de poivre broyé occupe un volume d'environ 10^{-10} m^3 et est difficilement visible à l'œil nu, justifier que l'échantillon est invisible.

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.)
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Né(e) le : / /
1.1

Document réponse à rendre avec la copie

Exercice 3