

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

ÉVALUATION

CLASSE : Première

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

Une éolienne à la maison (10 points)

Un particulier veut installer une éolienne dans son jardin afin d'assurer ses besoins en énergie électrique. L'éolienne convertit une énergie renouvelable en électricité « verte », que l'on peut stocker chez soi dans des batteries. L'installation peut être schématisée comme suit :



D'après <https://www.futura-sciences.com/>

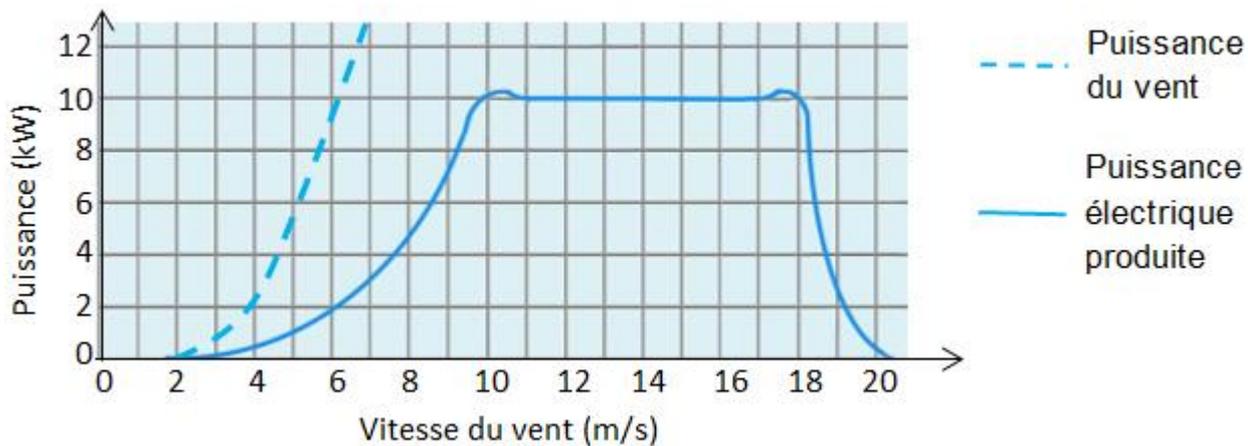
- (1) Régulateur de charge : protège l'installation des surcharges ou décharges totales.
- (2) Nombreuses batteries raccordées en série.
- (3) Utilisation TBT (« très basse tension » pour luminaires, système d'alarme,...)
- (4) Onduleur : permet d'obtenir un courant alternatif.
- (5) Prise électrique
- (6) Compteur d'autoconsommation (affichage de l'énergie électrique globalement consommée)
- (7) Compteur de production, en cas de revente à EDF.



1. Produire de l'électricité

L'éolienne se compose d'un rotor monté en haut d'un mât. La rotation des pâles de l'éolienne permet la transformation de l'énergie du vent en énergie électrique.

La puissance électrique ainsi produite dépend de la valeur de la vitesse du vent :



D'après <https://www.futura-sciences.com/>

- 1.1. À quelle valeur minimale de la vitesse du vent, exprimée en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$, l'éolienne commence-t-elle à produire de l'énergie électrique ?
- 1.2. Transfert d'énergie au sein de l'éolienne.
 - 1.2.1. Représenter la chaîne énergétique de l'éolienne.
 - 1.2.2. Définir le rendement de l'éolienne puis calculer sa valeur pour une valeur de vitesse du vent égale à $7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- 1.3. L'éolienne est configurée pour produire une puissance maximale dans une plage de valeurs de vitesse du vent comprises entre 10 et $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Interpréter la forme de la courbe donnant la puissance électrique produite en fonction de la vitesse du vent pour des valeurs supérieures à $18 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

2. Stocker de l'électricité

Les batteries sont des accumulateurs électrochimiques capables de convertir de l'énergie électrique en énergie chimique lors de leur charge et de l'énergie chimique en énergie électrique lors de leur décharge. Parmi les dispositifs utilisés, les batteries au plomb sont actuellement les plus utilisées pour le stockage de l'énergie électrique produite par des éoliennes domestiques.

Caractéristiques d'une batterie au plomb

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

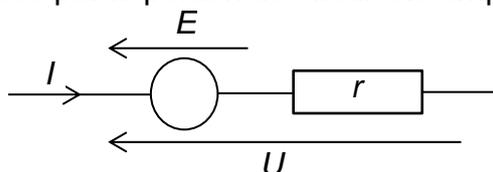
Tension à vide E'	Capacité** C	Intensité maximale I_{max}	Résistance interne r	Densité énergétique*	Rendement énergétique η
12,5 V	30 Ah	10 A	0,4 Ω	25 Wh/kg	75 %

* 25 Wh/kg signifie qu'une batterie de 1 kg permet de stocker une énergie chimique de 25 Wh.

** 30 Ah signifie que la batterie peut délivrer un courant d'intensité égale à 30 A pendant 1 h ou 10 A pendant 3 h ou encore 30 mA pendant 1000 h, etc.

Modèle électrique équivalent de la batterie en charge

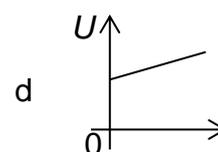
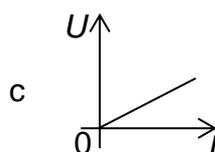
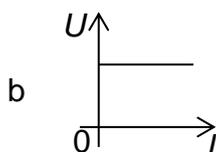
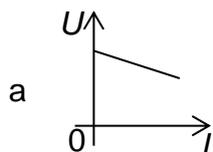
Lorsque la batterie est en charge sous la tension électrique U délivrée par l'éolienne, elle peut être modélisée par la portion de circuit électrique suivante :



2.1. Relation entre l'intensité I et la tension U .

2.1.1. Justifier l'expression $U = E' + rI$ (relation 1) liant la tension U aux bornes de la batterie en charge et l'intensité I du courant électrique de charge. Que représente r ?

2.1.2. Sélectionner le tracé correspondant à la charge de la batterie parmi les graphes ci-dessous. Justifier.



2.2. La relation 1 peut s'écrire : $UI = E'I + rI^2$ (relation 2).

2.2.1. Après avoir donné la signification énergétique de chacun des termes de la relation 2, définir le rendement η du transfert d'énergie au sein de la batterie lors de sa charge et montrer que $\eta = \frac{E'}{U}$.

2.2.2. Vérifier que la valeur du rendement est égale à 76 % pour une valeur de l'intensité du courant électrique de charge égale à 10 A.

2.3. La masse de la batterie étudiée est de l'ordre de 15 kg. L'installation comporte 20 batteries identiques.

En tenant compte du rendement mentionné à la question 2.2.2, l'éolienne, fonctionnant à sa puissance maximale, permet-elle de fournir l'énergie électrique nécessaire à la charge de ces batteries si celle-ci dure 1 h ?

Le candidat est évalué sur ses capacités à concevoir et à mettre en œuvre une démarche de résolution, ainsi que sur la qualité de sa rédaction.



Toutes les prises d'initiative et toutes les tentatives de résolution, même partielles, seront valorisées.

3. Consommer l'électricité

La puissance électrique utilisable par le propriétaire de la maison lors de la décharge des batteries est de l'ordre de 6 kW.

Pour suivre sa consommation d'électricité, le propriétaire a réalisé un programme en langage Python s'appuyant sur un classement des appareils électriques par pack, c'est-à-dire par groupe d'appareils de même puissance électrique.

Classement des appareils par pack

Pack	1	2	3
Puissance électrique (kW)	2,5 kW	1 kW	0,1 kW
Appareils	chauffe-eau, machine à laver, radiateur, four	bouilloire électrique, grille-pain, fer à repasser	téléviseur, hotte aspirante, lampes basse consommation

Programme en langage python

```
1 # Bilan consommation électrique journalière
2 # pack1 = appareils de puissance 2,5 kW
3 # pack2 = appareils de puissance 1 kW
4 # pack3 = appareils de puissance 0,1 kW
5 t_1 = float(input('durée journalière utilisation du pack1 : '))
6 t_2 = float(input('durée journalière utilisation du pack2 : '))
7 t_3 = float(input('durée journalière utilisation du pack3: '))
8 E_1 = 2.5*t_1
9 E_2 = 1*t_2
10 E_3 = 0.1*t_3
11 E_totale_consommée = E_1+E_2+E_3
12 # 1 kWh coûterait 0,15 euros
13 Economie_journaliere = E_totale_consommée * 0.15
14 print("L'énergie électrique du pack1 vaut E_1 = ",E_1,"kWh")
15 print("L'énergie électrique du pack2 vaut E_2 = ",E_2,"kWh")
16 print("L'énergie électrique du pack1 vaut E_3 = ",E_3,"kWh")
17 print("L'économie réalisée vaut", Economie_journaliere,'euros')
```

3.1. La maison est aussi équipée d'un ordinateur. Associer cet appareil à son pack.

3.2. Programme en langage Python.

3.2.1. Expliquer la ligne 13.

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

- 3.2.2.** Lors d'une journée, le four a été utilisé pendant 1h30, le chauffe-eau pendant 5h et le radiateur pendant 2h. Le téléviseur est resté allumé 2h durant une séance de repassage.
Quelle est le contenu de la dernière ligne affichée lors de l'exécution du programme ?

PARTIE B

Entretien de l'eau d'une piscine (10 points)

Des espèces chimiques à base de chlore sont largement utilisées dans le traitement des eaux de piscine car ce sont des produits bon marché, aisément disponibles et faciles à manipuler. L'espèce chimique chlorée active, appelée « chlore libre », se présente sous la forme d'acide hypochloreux de formule $\text{HClO}_{(\text{aq})}$. Grâce à ses pouvoirs oxydant et germicide, utilisé en quantité adaptée, le « chlore libre » détruit les microorganismes et assure ainsi une stérilisation efficace de l'eau des piscines.

Une brochure éditée par l'Agence Régionale de Santé pour l'entretien des piscines (<http://www.paca.ars.sante.fr/>) indique que pour un traitement et une désinfection efficace par chloration d'une eau de piscine, la concentration en masse du « chlore libre » doit être comprise entre 2 et 4 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

L'objectif de cet exercice est d'étudier une méthode de détermination de la concentration en « chlore libre » d'une eau de piscine et de vérifier son domaine de validité en référence aux indications fournies par un fabricant de produits pour eau de piscine.

D'après une fiche produit de la marque hth® :

PASTILLES DPD POUR PHOTOMETRE BENEFICES PRODUIT

Réactif pour mesure du Chlore libre (s'utilise avec un photomètre)



CARACTERISTIQUES

Boîte de 100 pastilles d'analyse

Réactifs en pastilles pré-dosés de 5,0 mg

MODE D'EMPLOI

Procédure d'Analyse (avec photomètre)

- a) Initialiser le photomètre et s'assurer que le paramètre est réglé sur Chlore.
- b) Rincer 2 fois le tube TEST avec l'eau à analyser, le vider et y laisser 2 ou 3 gouttes d'eau.
- c) Ajouter un comprimé DPD, l'écraser avec le pilon/agitateur et remplir le tube jusqu'au trait 10 mL. Mélanger jusqu'à dissolution complète du réactif.
- d) Insérer immédiatement le tube dans la chambre de mesure car le résultat peut varier en cas d'attente.
- e) Appuyer sur LIRE TEST pour lire le résultat.



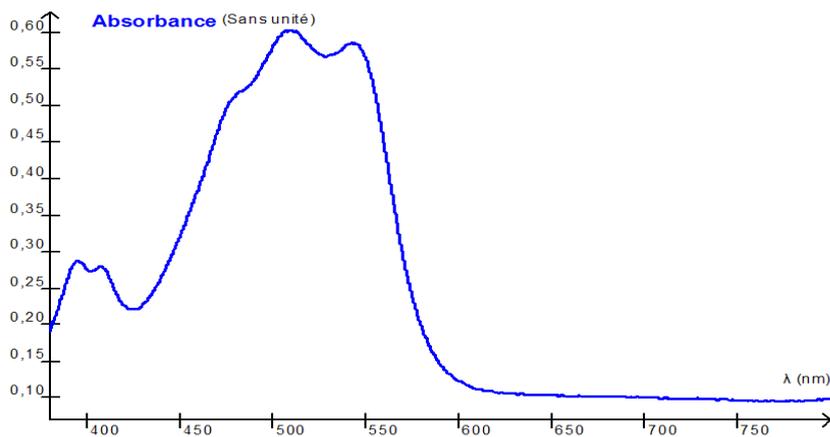
Recommandation importante : Pour une concentration en acide hypochloreux HClO supérieure à 7,0 mg/L l'échantillon contenant le réactif DPD est susceptible de se décolorer et de conduire à un résultat faux. Dans ce cas, l'absorbance de la solution n'est alors plus proportionnelle à la concentration en masse en « chlore libre ».

Données :

Masses molaires atomiques en g.mol⁻¹ :

H	C	N	O	Cl
1,0	12,0	14,0	16,0	35,5

Spectre d'absorption de l'espèce chimique colorée E obtenue par réaction entre le chlore libre et la DPD



Intervalle de longueur d'onde de la radiation absorbée, couleur perçue et couleur absorbée

Longueur d'onde de la radiation absorbée (nm)	Couleur perçue	Couleur de la radiation absorbée
400-435	jaune-vert	violet
435-480	jaune	bleu
480-490	orangé	vert-bleu
490-500	rouge	bleu-vert
500-560	pourpre	vert
560-580	violet	jaune-vert
580-595	bleu	jaune
595-625	vert-bleu	orangé
625-800	bleu-vert	rouge

1. Détermination de la concentration en chlore libre d'une piscine

En solution aqueuse le « chlore libre » est incolore, rendant ainsi impossible la détermination de sa concentration à l'œil nu par les particuliers.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

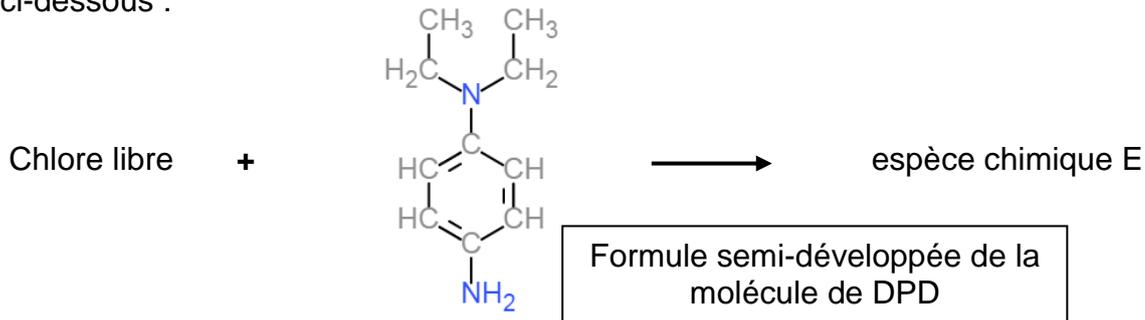
(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



1.1

La méthode colorimétrique proposée ici est dite “ méthode au réactif DPD ” (N,N-diéthylphénylène-1,4-diamine). La DPD réagit avec le « chlore libre » pour former une espèce chimique colorée E dont l'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration en chlore libre pour des valeurs inférieures à 7,0 mg/L. On peut modéliser la formation de l'espèce chimique colorée E par la réaction 1 d'équation ci-dessous :



- 1.1. Déterminer la couleur perçue de l'espèce chimique E produite lors de la réaction 1. Justifier.
- 1.2. Déterminer la masse molaire de la DPD et la quantité de matière de la DPD contenue dans une pastille de 5,0 mg de DPD.
- 1.3. Montrer que la recommandation importante du fabricant du photomètre, permet d'affirmer que la quantité de matière de chlore libre présente dans un tube test de 10 mL ne doit pas dépasser $1,3 \times 10^{-6}$ mol.
- 1.4. Compléter le tableau d'avancement, en annexe 1 à rendre avec la copie, par des valeurs numériques, pour un tube test contenant $1,3 \cdot 10^{-6}$ mol de chlore libre et une pastille de DPD.
- 1.5. Sachant que la DPD doit toujours être introduite en excès par rapport au chlore libre pour effectuer le test, justifier que l'utilisation d'une seule pastille est suffisante.

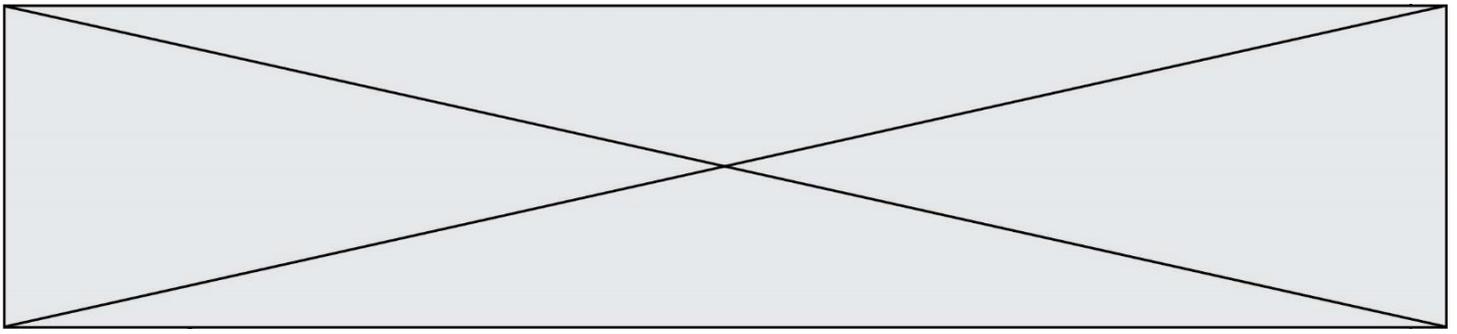
2. Domaine de validité indiqué par le fabricant de produits pour traitement de l'eau de piscine.

Au laboratoire, on se propose de vérifier l'indication du fabricant : « Au-delà de 7 mg.L^{-1} les résultats du test peuvent s'avérer faux ».

A partir d'une solution de « chlore libre » de concentration en masse $C_1 = 20 \text{ mg.L}^{-1}$, et de pastilles de DPD on prépare diverses solutions S_i dont on mesure l'absorbance A avec un spectrophotomètre.

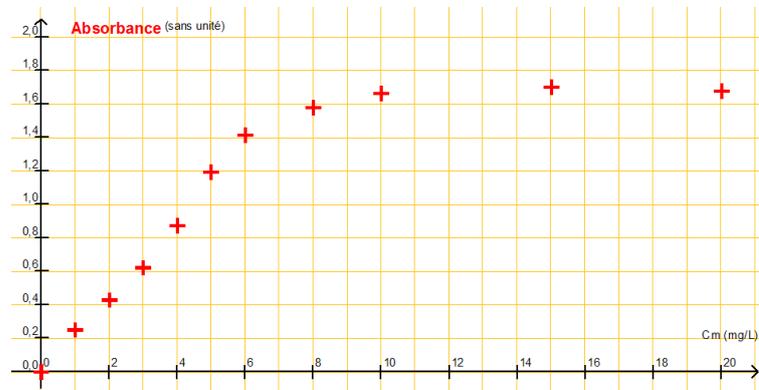
Solution	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₈	S ₁₀
$C_m(\text{HClO})$ en mg.L^{-1}	20	15	10	8,0	6,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0
Absorbance	1,68	1,70	1,66	1,58	1,41	1,19	0,87	0,62	0,43	0,25

- 2.1. À partir de la liste ci-dessous, choisir la verrerie nécessaire à la préparation de la solution S_7 à partir de la solution S_1 . Justifier.



- Burette graduée de 25 mL
- Fioles jaugées : 50,0 mL et 100,0 mL
- Bécher de 50 mL
- Pipette graduée de 10,0 mL
- Pipettes jaugées de 5,0 mL et 10,0 mL
- Éprouvette graduée

À l'aide d'un logiciel tableur-grapheur, on obtient la représentation de l'absorbance A en fonction de la concentration en masse en « chlore libre » ci-après.



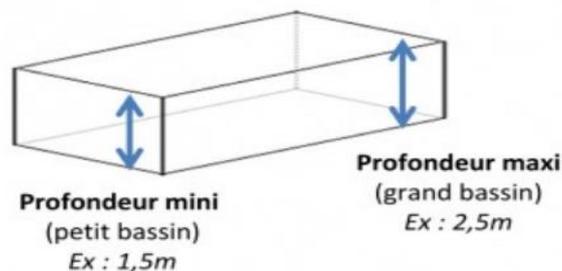
2.2. Cette représentation est-elle en accord avec la recommandation du fabricant ? Justifier votre réponse par un tracé sur l'annexe 2 à rendre avec la copie.

2.3. Donner le nom de la loi mise en évidence en précisant son domaine de validité.

3. Détermination de la concentration en « chlore libre » d'une eau de piscine

Une eau de piscine est testée par un particulier à l'aide du photomètre hth[®]. Il obtient une valeur de $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$ de « chlore libre ». Au laboratoire, pour la même eau, la mesure de l'absorbance effectuée en suivant la procédure d'analyse décrite ci-dessus donne une valeur $A = 0,30$.

3.1. Comparer les valeurs des concentrations en masse en « chlore libre » obtenues par les deux méthodes. La concentration en masse en « chlore libre » est-elle suffisante pour assurer une stérilisation efficace de la piscine ? Justifier.



3.2. Sachant que la piscine mesure 8,0 m de longueur sur 4,0 m de largeur et que sa profondeur varie en pente régulière de 1,5 m à 2,5 m, déterminer le nombre de galets de 20 g de chlore libre conviendrait-il de rajouter.

