

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

ÉVALUATION

CLASSE : Terminale – Épreuve de fin de cycle

VOIE : Générale Technologique Toutes voies (LV)

ENSEIGNEMENT : Enseignement scientifique
 avec enseignement de mathématiques spécifique

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2 h

Niveaux visés (LV) : ∅

Axes de programme : ∅

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.

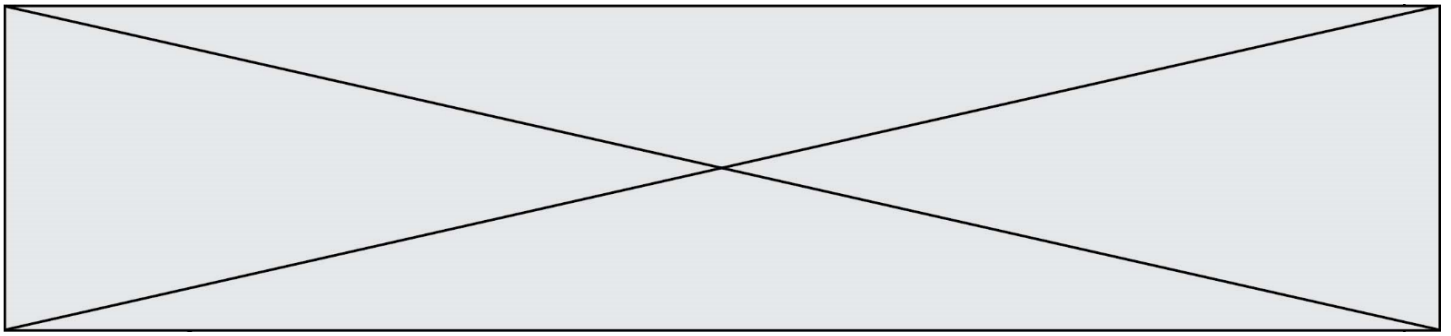
Nombre total de pages : 15

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

L'exercice 1, relatif à l'enseignement de mathématiques spécifique, doit être obligatoirement abordé.

Pour le deuxième exercice, le candidat choisit entre l'exercice 2 et l'exercice 3 qui sont relatifs à l'enseignement commun de l'enseignement scientifique du cycle terminal. Il indique son choix en début de copie.

Les exercices 2 et 3 comprennent chacun deux parties portant respectivement sur le programme de première et le programme de terminale d'enseignement scientifique.



Exercice 1 (obligatoire) – Niveau première (mathématiques)

Niveau des océans

Sur 4 points

Partie 1 – Évolution du niveau moyen des océans

Dans l'article « Élévation du niveau de la mer » publié en octobre 2019 sur le site du gouvernement français *notre-environnement.gouv.fr*, il est indiqué que le niveau moyen des océans a augmenté en moyenne de 3,2 mm par an sur la période allant de 1993 à 2011.

On suppose dans cette partie qu'à partir de 2011 le niveau moyen de l'océan augmente chaque année de 3,2 mm. On modélise l'élévation, en mm, du niveau moyen de l'océan entre l'année 2011 et l'année 2011 + n par une suite (u_n) . Dans cette modélisation, on a $u(0) = 0$.

1. Justifier que $u(2) = 6,4$ et proposer une interprétation dans le contexte de l'exercice.
2. La suite (u_n) est-elle arithmétique ou géométrique ? Justifier.
3. Donner, pour tout entier naturel n , l'expression de u_n en fonction de n .
4. En déduire l'élévation en mm du niveau moyen de l'océan entre l'année 2011 et l'année 2024.
5. D'après ce modèle, à partir de quelle année, le niveau moyen des océans aura augmenté de plus de 10 cm par rapport au niveau moyen relevé en 2011 ?

Partie 2 – Étude du niveau de l'océan au Conquet (Finistère, Bretagne)

La station du Conquet (ville du Finistère en Bretagne) enregistre différentes données dont le niveau de la mer. Ces données ont été saisies dans une feuille de calculs d'un tableur.

En abscisse on trouve les années et en ordonnée le niveau moyen sur l'année, en mm, de l'Océan Atlantique pour la station du Conquet.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :

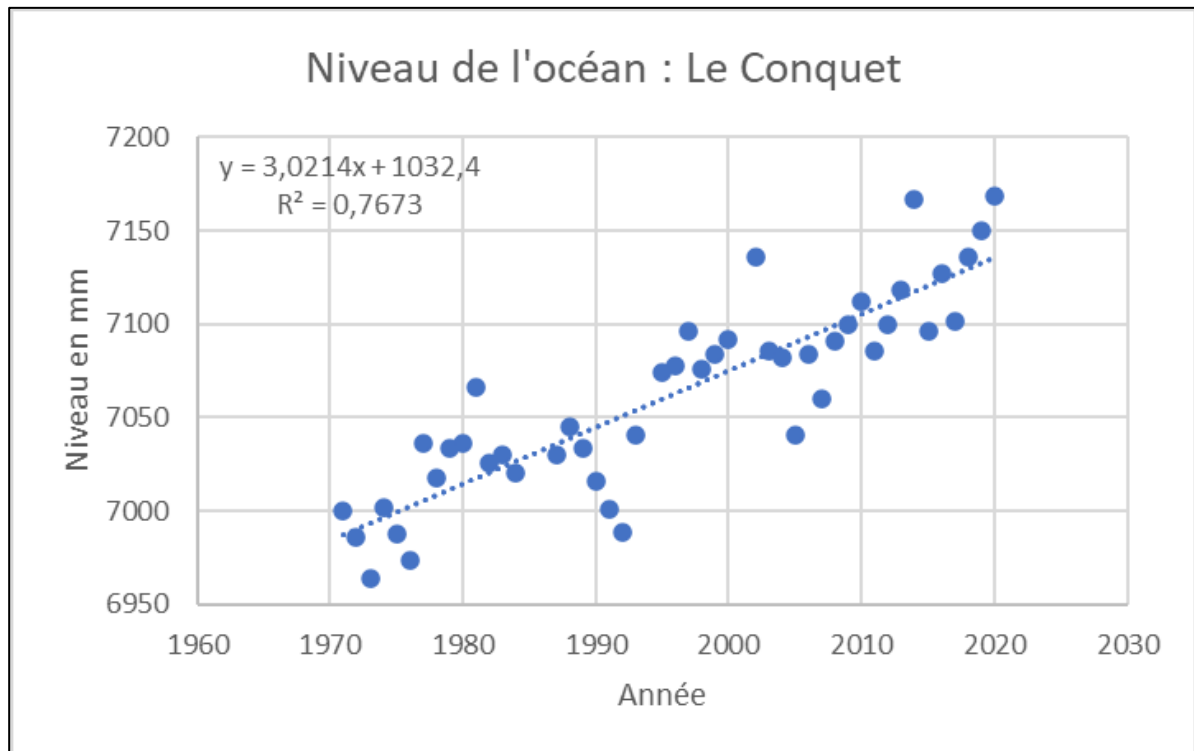


Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Les données relevées chaque année permettent d'obtenir le nuage de points ci-dessous. Sur le graphique figure aussi une courbe de tendance, approchant le nuage de points.



Source : psmsl.org

1. La courbe de tendance obtenue correspond à la fonction f définie sur $[1971 ; 2020]$ par :

$$f(x) = 3,0214x + 1032,4$$

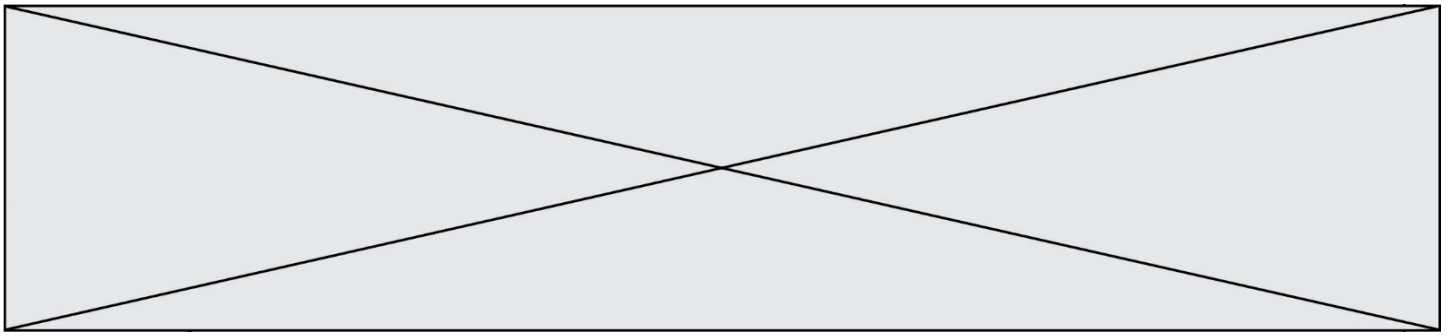
où x représente le temps en année et $f(x)$ représente le niveau moyen sur l'année x , en mm de l'océan.

Quelle est la nature de la fonction f ?

2. On admet que la fonction f est dérivable sur $[1971 ; 2020]$, on note f' sa fonction dérivée.

Calculer $f'(x)$. Interpréter ce résultat dans le contexte de l'exercice.

3. En supposant que ce modèle reste valable dans le temps, estimer le niveau moyen de l'océan en 2050.



Exercice 2 (au choix) – Niveaux première et terminale de l'enseignement scientifique

Partie A : Niveau première

Sur 8 points

Thème « Une longue histoire de la matière »

Curiethérapie : du Radium à l'Iode

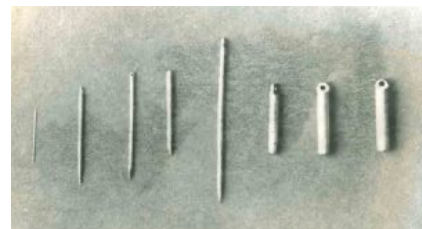
En 1920, dans la continuité de sa découverte du Radium et des rayonnements qu'il émet, Marie Curie a la volonté de développer l'usage thérapeutique du Radium. De sa collaboration avec le docteur Claudius Regaud va naître la Curiethérapie, le traitement des cellules cancéreuses par radiothérapie de contact.

Partie 1 – La naissance de la Curiethérapie au Radium

Document 1 – Les débuts de la Curiethérapie

Au début du 20^{ème} siècle, les médecins avaient très vite compris que les rayonnements ionisants tuaient plus facilement les cellules cancéreuses que les cellules saines, bien qu'ils n'aient pas su pourquoi. Mais il y eut un long chemin à parcourir avant qu'ils ne parviennent à optimiser les doses de ces rayonnements tout en minimisant les risques pour les patients et les opérateurs. A cette époque, il n'était pas possible de calculer la dose de rayonnement émise par la source radioactive utilisée. Les médecins recouraient donc le plus souvent à une irradiation massive d'une grande partie du corps pour détruire la tumeur d'un seul coup. Cela entraînait fréquemment la nécrose des tissus sains environnants sans garantir l'absence de récurrence de la tumeur

Pour les tumeurs traitées par curiethérapie, on employait des sels de radium, d'abord contenus dans des aiguilles en platine, placés en contact des tumeurs ce qui limitait leur usage aux cancers accessibles de l'extérieur et de petite taille (cancers du sein, de la peau, du col de l'utérus).



Aiguilles de Curiethérapie (1920)

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

L'usage médical du Radium a été définitivement interdit en 1976 pour des raisons de radioprotection des individus et des sites. Sans dépollution les premiers sites d'usage restent contaminés à ce jour car la demi-vie du Radium est de plus de 1600 ans.

Sources : d'après www.futura-sciences.com, dossier radioactivité : les pionniers (2008) et <https://musee.curie.fr/decouvrir/exposition-permanente/visite-virtuelle/d8-la-curietherapie-de-contact>

1- À partir de l'exploitation du document 1, indiquer la bonne réponse sur votre copie, parmi celles qui sont proposées :

La curiethérapie a été utilisée dès le début du 20^{ème} siècle pour soigner des cancers, car :

- Réponse A : les rayonnements produits empêchent les récives de la tumeur.
- Réponse B : les rayonnements produits détruisent préférentiellement les cellules des tumeurs.
- Réponse C : les rayonnements produits pouvaient être facilement dosés et localisés avec précision sur la tumeur.
- Réponse D : les rayonnements produits provoquent uniquement une nécrose des cellules cancéreuses.

2- En vous appuyant sur votre connaissance du phénomène lié à l'émission de rayonnement par des noyaux radioactifs, proposer deux arguments expliquant la phrase du document 1 : « à cette époque [1920], il n'était pas possible de calculer la dose de rayonnement émise ».

Partie 2 – La Curiothérapie actuelle : l'exemple de l'iode 125

Document 2 – La méthode actuelle de curiothérapie de la prostate et radioprotection après la pose d'implants

La curiothérapie de la prostate consiste à installer dans cette glande des dizaines d'implants radioactifs qui couvrent l'ensemble de la zone à traiter. Ces implants de quelques millimètres de long sont constitués d'une source radioactive d'iode 125 enrobée dans une capsule de titane. Ils sont laissés de manière permanente dans la prostate.

Radiographie du bassin d'un patient traité. Les implants apparaissent sous forme de bâtonnets blancs

(photo : Kimmel Cancer Center at Jefferson)



Le patient traité par implants d'iode 125 étant lui-même un peu radioactif, existe-t-il un risque pour son entourage ?

Voici les conseils de radioprotection donnés par l'Institut National du Cancer :

« En cas de curiethérapie par implants permanents (iode 125), la radioactivité des sources implantées diminue progressivement dans le temps et les rayonnements émis étant très peu pénétrants, quelques centimètres seulement dans la matière vivante, ils sont arrêtés presque totalement par le corps lui-même. Les risques pour l'entourage sont donc jugés peu dangereux.

Les contacts avec les autres personnes sont autorisés. Quelques précautions sont cependant nécessaires pendant les 4 à 6 mois qui suivent l'implantation. En pratique, vous devez notamment éviter les contacts directs et prolongés avec les jeunes enfants (par exemple, les prendre sur vos genoux) et les femmes enceintes. »

Sources : D'après https://laradioactivite.com/medecin/curietherapie_prostate et <https://www.e-cancer.fr/Patients-et-proches/Les-cancers/Cancer-de-la-prostate/Curietherapie>

Les implants sont considérés comme faiblement actifs lorsque le nombre des noyaux radioactifs restant dans l'implant est inférieure à 15 % de sa valeur initiale, au moment de la mise en place dans la prostate du patient.

Donnée : demi-vie de l'iode 125 : 60 jours.

- 3- Déterminer au bout de combien de demi-vies la proportion de noyaux radioactifs d'iode 125 restant dans un implant est de 12,5% (c'est-à-dire un huitième). Confronter ce résultat aux consignes de radioprotection.

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

4- À l'aide de l'ensemble des documents, proposer deux intérêts d'utiliser l'iode 125 plutôt que le radium pour la curiethérapie. Une réponse argumentée est attendue.

Partie B : Niveau terminale

Sur 8 points

Thème « Science, climat et société »

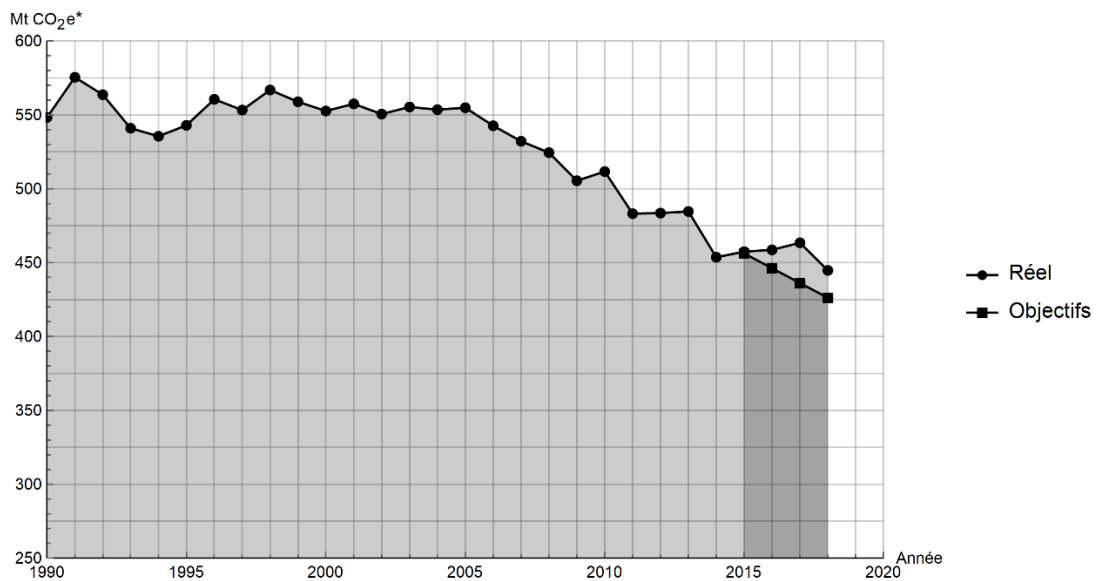
L'émission de gaz à effet de serre en France

Lancé en 2016, l'observatoire climat-énergie dresse le bilan des efforts réalisés par la France pour organiser la transition énergétique.

L'objectif de cet exercice est d'étudier les émissions des gaz à effet de serre en France, plus particulièrement dans le domaine des transports.

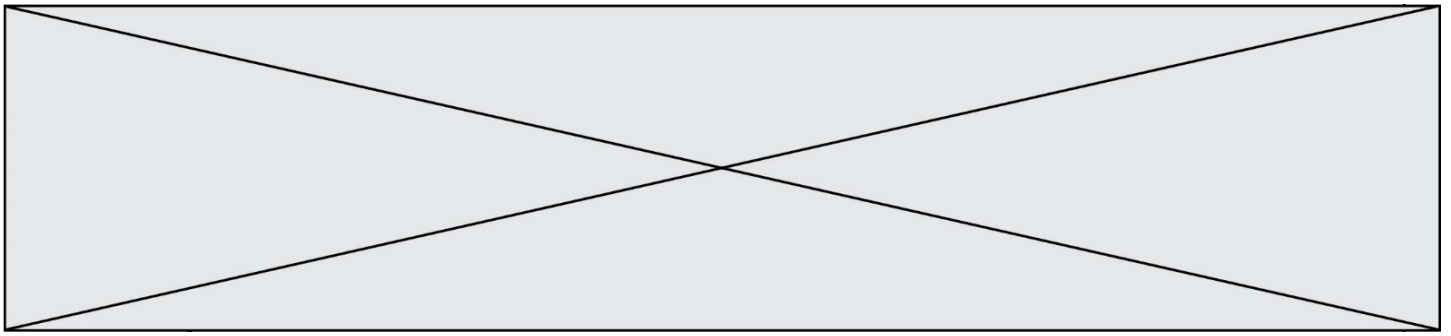
Document 1 : émissions de gaz à effet de serre en France

Les émissions nationales de gaz à effet de serre (représentées ici par la masse équivalente de CO₂ en millions de tonnes émise chaque année) ont baissé de 4,2 % entre 2017 et 2018 après trois années de hausse consécutives. Cette réduction est en partie liée à un hiver plus doux qui a nécessité une utilisation moins importante de chauffage.



* Mt CO₂ e : masse équivalente de dioxyde de carbone émise par les activités humaines en millions de tonnes

D'après <https://www.observatoire-climat-energie.fr>



5- En s'appuyant sur le document 1, indiquer si les objectifs sur les émissions de gaz à effet de serre ont été atteints par la France depuis 2015. Justifier la réponse.

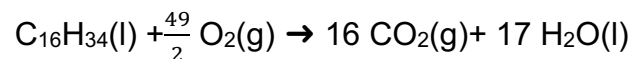
On souhaite déterminer à présent la masse de dioxyde de carbone produite lors de la combustion du cétane (voir le document 2).

Document 2 : émission de gaz à effet de serre dans les transports ; combustion au sein d'un moteur Diesel

Dans les transports, les émissions de gaz à effet de serre dépassent de 12,6 % la part annuelle du budget carbone qui leur est affectée.

Ce document prend exemple d'un moteur Diesel présent dans une voiture. Les moteurs Diesel fonctionnent par combustion dans un moteur thermique : une réaction chimique a lieu entre le carburant (appelé combustible) et le dioxygène de l'air (appelé comburant). Cette réaction est exothermique.

Pour les moteurs Diesel, le composé principal est le cétane, de formule brute $C_{16}H_{34}$. L'équation de la combustion complète s'écrit :



L'unité de quantité de matière utilisée par le chimiste est la mole.

Dans l'équation de la combustion du cétane pour 1 mole de cétane consommée, 16 moles de dioxyde de carbone, CO_2 , sont libérées sous forme gazeuse.

La masse m (en kg) est reliée à la quantité de matière n (en mol) :

- une masse $m_{\text{cétane}} = 0,226$ kg de cétane correspond à une quantité de matière $n = 1$ mol de cétane ;
- une masse $m_{CO_2} = 0,044$ kg de dioxyde de carbone correspond à une quantité de matière $n = 1$ mol de dioxyde de carbone.

L'énergie massique dégagée par la combustion de cétane est 42,3 MJ/kg : ce qui signifie que pour 1 kg de cétane brûlé, une énergie de 42,3 MJ est dégagée.

6- Vérifier que la masse de cétane consommée pour la production d'une énergie $E = 1$ MJ est égale à $m_{\text{cétane}} = 0,024$ kg.

7- En déduire la quantité de matière de cétane (en mole) consommée lors d'une combustion qui dégage 1 MJ.

8- En utilisant la valeur $n_{\text{cétane}} = 0,11$ mol, calculer la masse m_{CO_2} de dioxyde de carbone formée.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


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

Prénom(s) :

N° candidat : **N° d'inscription** :

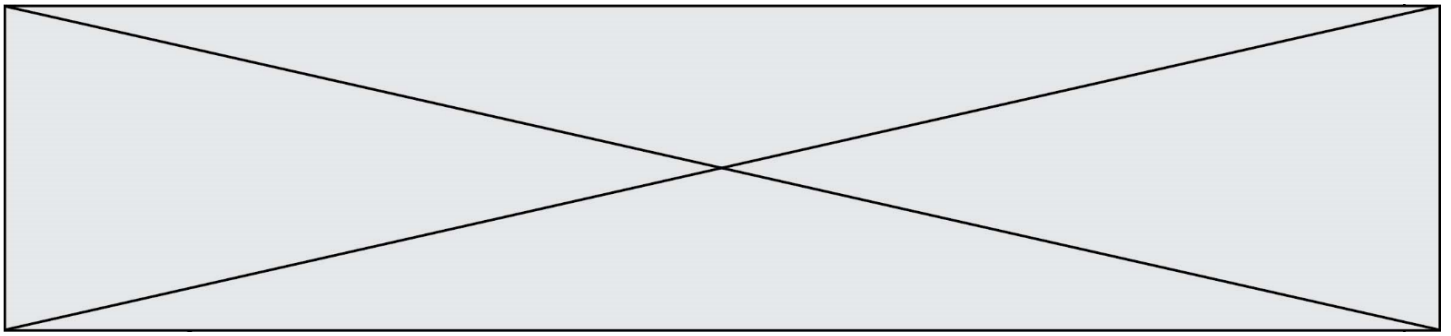
(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le : / /



1.1

9- Décrire une des solutions actuellement envisagées pour réduire la masse de dioxyde de carbone émise par les véhicules automobiles et indiquer les limites de cette solution.



Exercice 3 (au choix) – Niveaux première et terminale de l'enseignement scientifique

Partie A : Niveau première

Sur 8 points

Thème « Le Soleil, notre source d'énergie »

De la peinture blanche pour modérer le réchauffement climatique ?



Un homme peint en blanc un toit à l'aide d'une peinture réfléchissante (Morbihan).

« Une vague de chaleur exceptionnelle est en cours dans une grande partie de la France : 15 départements sont en vigilance rouge canicule ce lundi 18 juillet 2022. Si tout le monde est à la recherche d'un peu de fraîcheur, il existe des techniques simples. En fait, il faudrait tout repeindre en blanc : nos maisons, nos voitures, nos routes... Du blanc partout, pour renvoyer l'énergie solaire plutôt que l'emmagasiner, c'est l'effet albédo.

Les experts du climat évoquent notamment la technique des "cool roofs", "les toits froids". Il s'agit tout simplement de repeindre les toits en blanc, ceux de nos maisons, des hangars, des centres commerciaux pour rafraîchir l'intérieur des bâtiments. »

Source : D'après France info, article du 18/07/2022

Document 1 – Une peinture réfléchissante innovante

Dans les années à venir, il va falloir diminuer notre consommation de climatisation, trop énergivore. Le fondateur de la peinture blanche "Enercool", explique que sa peinture blanche réfléchissante anti-chaleur a un pouvoir réfléchissant de 83%. Elle réfléchit donc les rayons du Soleil, et protège les bâtiments de la chaleur. Elle a une durée de vie de 10 ans au minimum et ne crée aucune surconsommation de chauffage en hiver.

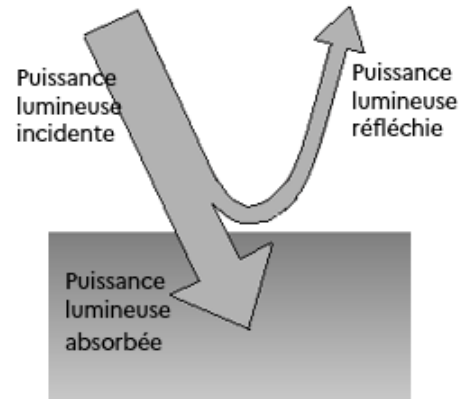
Source : D'après <https://www.neozone.org>



Document 2 – Définition de l'albédo α et valeurs d'albédo de quelques matériaux

On appelle « albédo » le rapport entre la puissance lumineuse réfléchie par une surface et la puissance lumineuse incidente qu'elle reçoit. L'albédo est donc une grandeur sans dimension qui varie entre 0 (surface sombre totalement absorbante) et 1 (surface claire totalement réfléchissante).

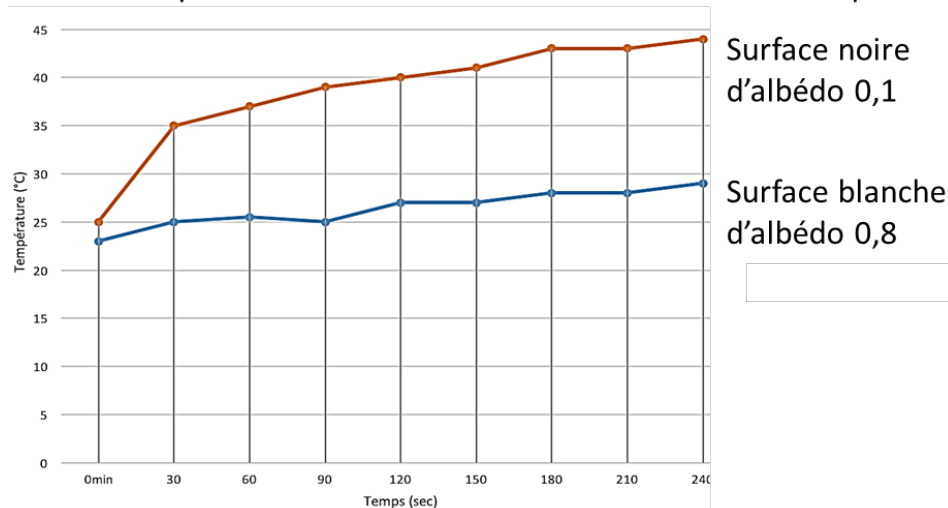
L'albédo terrestre moyen a été estimé à 0,30.



Nature de la surface	Neige fraîche	Glace	Béton	Pelouse	Goudron	Forêt	Toit foncé
Albédo α	0,80-0,90	0,60-0,80	0,17-0,27	0,25-0,30	0,10	0,10-0,20	0,08-0,18

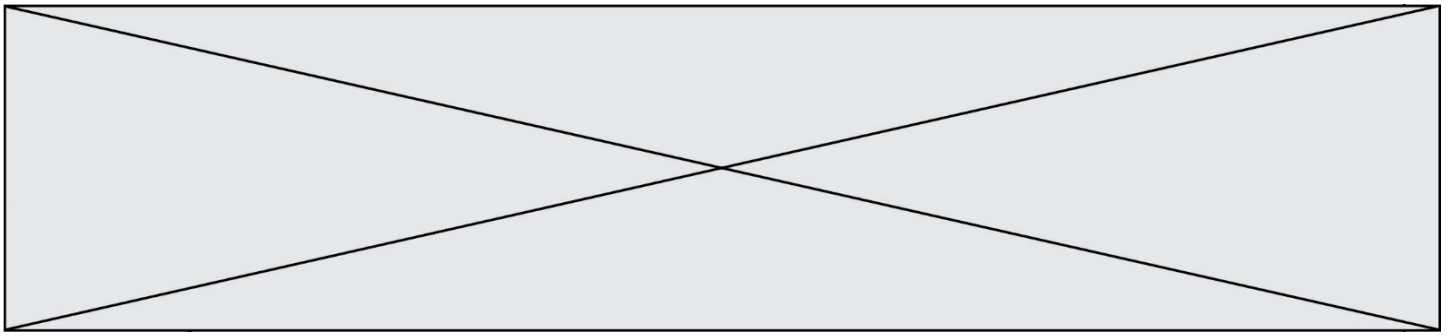
Par exemple, pour le sable, l'albédo prend toutes les valeurs possibles entre 0,20 et 0,30, ce qui correspond à des pourcentages entre 20 % et 30 %.

Etude expérimentale de l'influence de l'albédo sur la température d'une surface



Source : D'après <https://temperature.home.blog>

- À l'aide des documents, utiliser la valeur de l'albédo de la peinture « Enercool » afin de justifier son effet « anti-chaleur ».



Document 3 – Perte de surface de glacier en Islande

Menacés de disparition quasi complète d'ici 2200, les glaciers de l'île ont déjà perdu environ 750 km² de surface depuis le début des années 2000, soit 7 % de leur superficie totale, sous l'effet du réchauffement climatique, selon une étude publiée lundi.

Au total, la surface des glaciers islandais, qui recouvrent encore un peu plus de 10 % du pays, est tombée en 2019 à 10 400 km², selon une publication de la revue spécialisée Jökull (« Glacier » en islandais). Depuis 1890, la superficie occupée par les glaciers a reculé de près de 2 200 km², soit 18 % de sa surface en 1890. Près d'un tiers de ce recul a été enregistré depuis 2000, selon ce dernier pointage des glaciologues, géologues et géophysiciens islandais.

Source : Extrait du Parisien du 31 mai 2021

- 2- En utilisant le document 3 et sachant que l'aire de la surface totale des toits parisiens est d'environ 32 km², évaluer le nombre de villes équivalentes à Paris dont il faudrait repeindre les toits avec la peinture Enercool, afin de compenser la diminution d'albedo liée à la surface de glacier islandais perdue depuis 20 ans.

Document 4 – Émission du corps noir

Le modèle du corps noir est un modèle permettant de décrire l'émission de rayonnement électromagnétique d'un objet en fonction de sa température.

Dans ce modèle, la loi de Wien établit une relation entre la température du corps noir T et la longueur d'onde λ_{\max} du maximum d'émission ce corps :

$$\lambda_{\max} \times T = 2,898.10^{-3} \text{ m}\cdot\text{K}$$

Avec λ_{\max} en mètre (m) et T en Kelvin (K).

- Si on note T la température exprimée en Kelvin (K) et θ la température exprimée en degrés Celsius (°C) alors on a $T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,15$.
- $1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm}$.
- La couleur d'un objet dépend des radiations lumineuses diffusées par l'objet. Ainsi, un objet noir absorbe les radiations lumineuses du domaine visible alors qu'un objet blanc diffuse toutes les radiations lumineuses du visible.

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

- 3- Montrer que dans le cadre du modèle du corps noir, la longueur d'onde du maximum d'émission du Soleil est d'environ 459 nm, sachant que sa température de surface vaut 6045 °C.
- 4- Argumenter la cohérence du choix d'une peinture de couleur blanche pour repeindre les toits par rapport au spectre de la lumière du Soleil.
- 5- À partir de l'ensemble des informations, discuter de l'intérêt, de la faisabilité ainsi que de l'efficacité d'utiliser la peinture « Enercool » pour modérer les effets du réchauffement climatique.

Partie B : Niveau terminale

Sur 8 points

Thème « Le futur des énergies »

La solution hydrogène

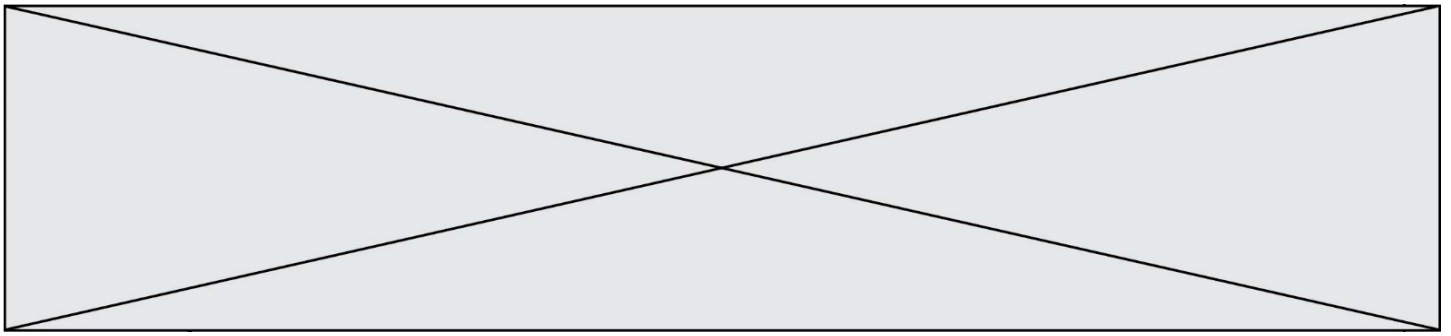
On s'intéresse à deux modes de production d'électricité (la production éolienne et la production nucléaire) puis au stockage du dihydrogène.

Document 1 : produire de l'électricité avec le vent

Une éolienne utilise la force du vent pour produire de l'électricité. Celui-ci actionne les pales de l'éolienne, ce qui entraîne un alternateur. La production électrique est instantanée, mais intermittente, et dépend de la vitesse du vent. Le problème principal de ce type de production d'électricité est son intégration au réseau. Un surplus de production peut perturber gravement le réseau de transport d'électricité : si trop d'énergie électrique est injectée sur le réseau par rapport à la demande d'énergie, cela peut entraîner une instabilité du réseau, pouvant aller jusqu'à la déconnexion des centrales.

D'après le ministère de la transition écologique, la production d'électricité éolienne a représenté 6,9 % de la production totale en France pour le 1er trimestre 2019.

La production électrique éolienne est entièrement automatisée et nécessite peu de maintenance. Le rendement d'une éolienne est d'environ 35 %.



Document 2 : les centrales nucléaires

En 2019, en France, la part du nucléaire s'élevait à 70,6 % de la production électrique totale en France.

La production d'électricité par une centrale nucléaire est basée sur la fission d'un combustible nucléaire. Cette fission dégage de l'énergie qui sert à produire de la vapeur, qui entraîne une turbine reliée à un alternateur. La fission de sept grammes d'uranium produit autant d'énergie que la combustion d'une tonne de charbon. Ce type de centrale peut fonctionner quasiment en continu, mais une fois à l'arrêt, il faut plusieurs jours pour relancer la production d'électricité. Une centrale nucléaire a un rendement d'environ 30 %.

Comme toute activité industrielle, les centrales nucléaires génèrent des déchets, dont certains sont radioactifs. Aujourd'hui, des solutions techniques existent pour la gestion de tous les déchets radioactifs, mais cela exige une sûreté très importante des installations. Les déchets « à vie courte » sont triés selon leur niveau de radioactivité et leur nature, conditionnés et stockés dans les centres de l'ANDRA. Les déchets « à vie longue » issus du traitement du combustible usé sont vitrifiés en blocs inaltérables et entreposés dans l'usine Areva NC de La Hague dans l'attente du stockage géologique en profondeur qui constituera une solution définitive de gestion pour ces déchets. Cependant pour le moment, aucun site de stockage profond n'est encore opérationnel.

D'après edf.fr

6- L'alternateur est un convertisseur d'énergie cité dans les documents 1 et 2 : indiquer la nature de l'énergie convertie et la nature de l'énergie produite.

7- Préciser le nom du phénomène physique sur lequel s'appuie le fonctionnement d'un alternateur.

8- Lors de la circulation du courant électrique, l'alternateur perd de l'énergie via l'échauffement des fils conducteurs le constituant : indiquer le nom de l'effet responsable de cette perte.

9- Décrire par un court texte ou un schéma la chaîne de transformations énergétiques de l'éolienne.

19- Calculer l'énergie nécessaire au fonctionnement d'une éolienne qui produirait 10 MWh d'énergie électrique.

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

Document 3 : l'hydrogène, un vecteur d'avenir

Le dihydrogène (H_2) peut tout faire, ou presque : produire de l'électricité via une pile à combustible ; servir de combustible, avec pour seul déchet la vapeur d'eau ; être transformé en méthane (CH_4), voire en matières carbonées avec l'ajout de dioxyde de carbone (CO_2), ainsi valorisé au lieu d'être rejeté dans l'atmosphère. De plus, il peut être stocké selon différentes options.

La France produit chaque année un million de tonnes d' H_2 pour différents usages (raffinage du pétrole, fabrication d'ammoniac, etc.). Et cela, surtout par vaporeformage du méthane (procédé de transformation à partir d'hydrocarbures et présence de vapeur d'eau), qui libère 10 tonnes de CO_2 pour chaque tonne de H_2 produite... La combustion de H_2 , quant à elle, produit seulement de l'eau.

L'électrolyse de l'eau, qui permet d'obtenir du dihydrogène et du dioxygène, nécessite de l'énergie électrique. Cette énergie est diminuée mais reste conséquente si l'on opère à haute température, comme c'est le cas dans le procédé EHT développé au Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA). Si cette solution venait à se généraliser, l'impact des électrolyseurs sur le réseau électrique serait non négligeable. D'où l'idée d'utiliser les surplus d'électricité des sources intermittentes, ou pourquoi pas recourir à de petits réacteurs nucléaires modulaires hybrides. Car dès 2025, il faudra pouvoir produire 4 à 5 millions de tonnes de dihydrogène par an.

D'après « Les défis du CEA » n°241

11- Préciser si le document 3 fournit suffisamment de données pour comparer les émissions de CO_2 par combustion d'hydrogène et par combustion d'hydrocarbures, pour une énergie thermique produite donnée. Si ce n'est pas le cas, indiquer les données manquantes nécessaires pour effectuer cette comparaison (on ne demande pas les valeurs de ces paramètres).