

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2015

Série STI2D

Série STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

CALCULATRICE AUTORISÉE

L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.

Ce sujet comporte 16 pages numérotées de 1/16 à 16/16.

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

La page 16/16 où figure le document réponse est à rendre avec la copie.

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.

LE DIOXYDE DE CARBONE CO₂, UN GAZ AUX NOMBREUX ASPECTS...

« Le CO₂ est le déchet ultime de la combustion des hydrocarbures, tels que le pétrole ou le gaz naturel, mais aussi de toute autre activité industrielle utilisant des ressources carbonées fossiles. Ce produit, s'accumule dans l'atmosphère et, en tant que gaz à effet de serre, participe au réchauffement climatique. Réduire nos émissions de CO₂ et utiliser le CO₂ existant sont donc deux défis actuels majeurs... »

D'après dossier de presse CNRS

(Centre National de la Recherche Scientifique)

En qualité de citoyenne ou de citoyen, vous portez une attention particulière à la protection de l'environnement et, élève de terminale technologique, vous êtes sensible aux innovations technologiques.

Membre du C.V.L. (Conseil de la Vie Lycéenne), vous souhaitez présenter à vos camarades, par l'intermédiaire du journal du lycée, des projets visant d'une part à réduire les émissions de dioxyde de carbone et d'autre part à présenter des exemples d'utilisation du dioxyde de carbone.

Avant cela, vous devez bien sûr approfondir les sujets abordés.

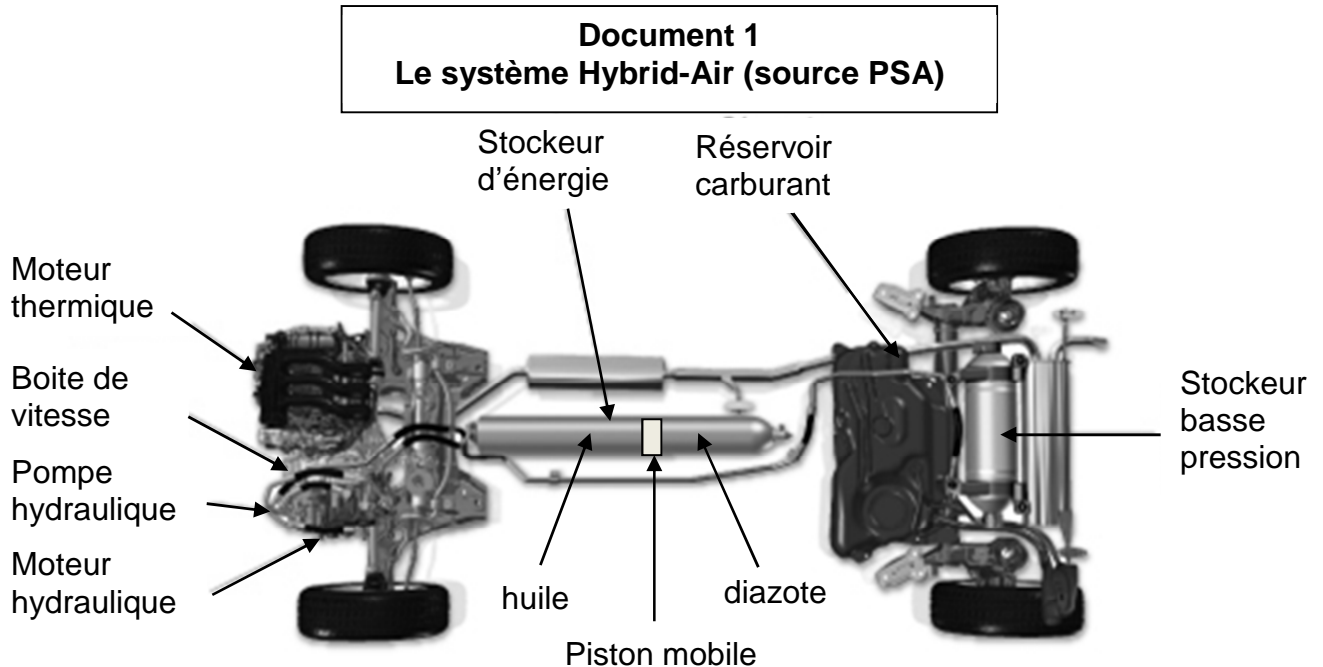
PARTIE A : un projet innovant pour limiter le rejet de CO₂ : le système « Hybrid Air ».

PARTIE B : un projet innovant pour utiliser indirectement le CO₂ existant : la pile à combustible microbienne.

PARTIE C : le dioxyde de carbone CO₂ au service de l'homme.

PARTIE A : UN PROJET INNOVANT POUR LIMITER LE REJET DE CO₂ : LE SYSTÈME « HYBRID AIR ».

Lors du salon de Genève en mars 2013, le constructeur automobile PSA (Peugeot-Citroën) a présenté au grand public son innovation technologique : le système « Hybrid Air » sur une Citroën C3®. Il s'agit d'une solution mariant un moteur thermique essence, un stockeur d'énergie sous la forme de diazote N₂ gazeux comprimé, et un ensemble moteur - pompe hydraulique. Ce système pourrait être commercialisé à partir de 2016.



A.1. Le système « Hybrid-Air »

A.1.1. Analyse du fonctionnement

Le système équipera plutôt les petites cylindrées comme la Citroën C3®. Il s'agit, dans ce qui suit, d'apporter quelques informations nécessaires pour justifier le choix.

A.1.1.1. Quelle est la nature de l'énergie qui diminue lorsque la voiture ralentit ?

A.1.1.2. Dans un véhicule classique (sans système hybride) que devient cette énergie si elle n'est pas stockée ?

A.1.1.3. L'ensemble moteur - pompe hydraulique est un élément essentiel.
A l'aide du **document 1 ci-dessus** et du **document 2 page 12/16**, indiquer :

- le rôle de la pompe hydraulique lors d'une décélération,
- et celui du moteur hydraulique lors d'une accélération.

A.1.1.4. Pour illustrer la mise en réserve et la restitution de l'énergie, un technicien de la société Bosch® (qui a développé le système) utilise souvent une seringue. En quelques lignes et schéma(s), expliquer comment vous feriez le même type de présentation à vos camarades.

A.1.1.5. Expliquer pourquoi ce système est destiné plus particulièrement aux **petites** voitures **citadines**.

A.1.1.6. Comparaison hybride air / hybride électrique rechargeable.

Vos camarades du lycée ont déjà entendu parler du système hybride électrique rechargeable (système combinant un moteur thermique et un moteur électrique alimenté par une batterie rechargeable).

En analysant le **document 2 page 12/16**, citer **deux** arguments en faveur du système « Hybrid-Air » et **deux** arguments en faveur du système hybride électrique.

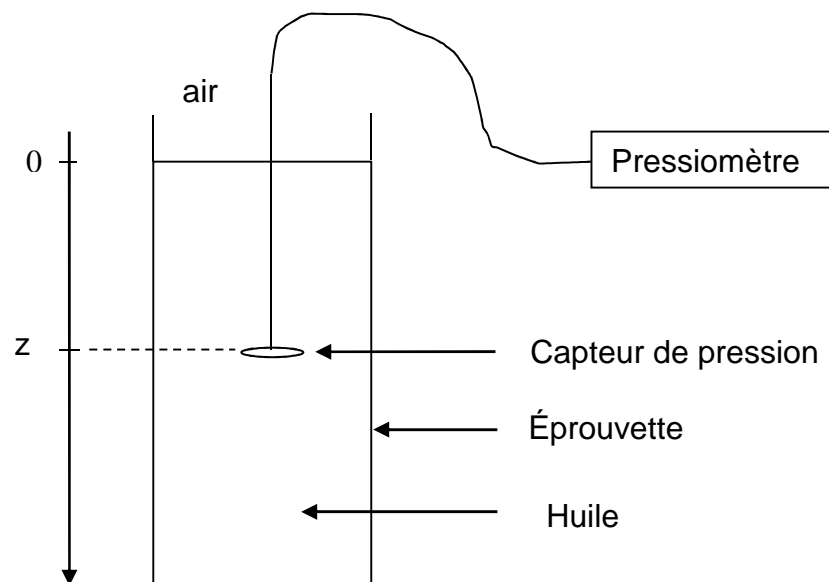
A.1.2. L'huile du groupe hydraulique

Vous avez discuté de ce projet avec votre professeur de sciences physiques. Il étudie en ce moment avec vous la pression et le principe fondamental de l'hydrostatique.

Il vous propose alors une manipulation pour mesurer la masse volumique de l'huile utilisée dans le groupe hydraulique.

Document 3

Mesure de la masse volumique de l'huile



- A.1.2.1.** On mesure la pression « p » dans l'huile pour différentes valeurs de la profondeur « z ». Les valeurs et le graphique sont consignés dans le **document 4 page 13/16**.
À quelle profondeur z_1 correspond une pression $p_1 = 1040$ hPa ?

Donnée hPa : hectopascal 1 hPa = 100 Pa

- A.1.2.2.** La pression p peut se mettre sous la forme : $p = \rho \cdot g \cdot z + p_0$.

ρ est la masse volumique de l'huile (en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), g est l'intensité de la pesanteur ($= 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$) et p_0 une pression de valeur constante (en Pa).

À l'aide du graphique ou du tableau du **document 4 page 13/16**, déterminer la valeur de la pression p_0 .

Que représente cette pression ?

- A.1.2.3.** À l'aide du graphique du **document 4 page 13/16**, déterminer la masse volumique ρ de l'huile.
- A.1.2.4.** On se propose d'écrire le résultat d'une mesure de pression p sous la forme : $p = m \pm \Delta p$ où m est le résultat d'une mesure et Δp l'incertitude sur p .
- A.1.2.4.a)** Estimer l'incertitude de lecture, a , sur la mesure de la pression 1013 hPa effectuée avec un pressiomètre de la société Jeulin® compte tenu des données ci-après.

Document 5

Caractéristiques du pressiomètre INITIO® de la société Jeulin

- | | |
|---|--|
| - Précision : 2% de la mesure ± 4 hPa | (dépendance vis-à-vis de la valeur mesurée) |
| - Résolution : 1 hPa | (dépendance vis-à-vis de l'électronique de l'appareil) |

- A.1.2.4.b)** En déduire l'incertitude Δp pour un niveau de confiance de 95 % telle que :

$$\Delta p = 2 \frac{a}{\sqrt{3}} .$$

- A.1.2.4.c)** Écrire le résultat final de la pression p sous la forme : $p = m \pm \Delta p$ en utilisant un nombre adapté de chiffres significatifs.

- A.1.2.5.** Le calcul d'incertitude est également conduit avec la profondeur z et l'intensité de la pesanteur g . On obtient alors, après calcul, l'incertitude sur la mesure de la masse volumique ρ . On trouve $\Delta \rho = 33 \text{ kg.m}^{-3}$.

Évaluer la précision relative de la mesure de ρ dans ces conditions.

Commenter le résultat et faire une proposition pour améliorer la démarche.

- A.1.2.6.** Le résultat trouvé pour ρ dans la **question A.1.2.3** est-il compatible avec celui annoncé par la société Bosch®, à savoir $\rho = 812 \text{ kg.m}^{-3}$ compte tenu de l'incertitude commise sur ρ ?

A.1.3. Les performances énergétiques.

- A.1.3.1.** Quelle énergie maximale, E , peut-on récupérer lorsque la voiture passe de 50,0 km/h à 30,0 km/h sur une route plane ?

Données : Masse de la voiture + passager : $M = 1150 \text{ kg}$

Énergie cinétique : $E_c = \frac{1}{2} . M.V^2$

- A.1.3.2.** On suppose que l'huile, par l'intermédiaire de la pompe, exerce une force constante \vec{F} , d'intensité $F = 1,30.10^5 \text{ N}$, répartie sur le piston et de direction perpendiculaire au piston. On suppose que le piston se déplace de $d = 0,500 \text{ m}$ lors du freinage décrit en **A.1.3.1.**

Calculer alors le travail W de la force \vec{F} .

- A.1.3.3.** Définir puis calculer le rendement η de la conversion d'énergie étudiée dans les questions A.1.3.1. et A.1.3.2 du système « Hybrid-Air ».

A.2. L'émission de CO₂ lors de la combustion de l'essence dans le moteur thermique.

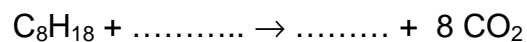
Une essence est constituée par un mélange d'hydrocarbures de formule brute C₈H₁₈. Lors de la combustion complète de ces hydrocarbures dans le dioxygène O₂, il se forme de l'eau, H₂O, et du dioxyde de carbone, CO₂.

- A.2.1.** Quelle conversion d'énergie est réalisée dans le moteur thermique ?
- A.2.2.** Quel volume d'essence prévu par le constructeur PSA en cycle mixte (urbain et extra-urbain) permet de faire 1,00 km sachant que la consommation de la Citroën C3[®] est annoncée à 2,90 L pour 100 km ?
- A.2.3.** Vérifier que la quantité de matière d'hydrocarbure nécessaire pour effectuer 1,00 km est de 0,191 mol sachant que la masse volumique de l'essence vaut : $\rho_E = 7,50 \cdot 10^2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Données : masses molaires atomiques

$$M(\text{C}) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad M(\text{O}) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \quad M(\text{H}) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- A.2.4.** Réécrire sur la copie l'équation de la réaction de combustion du mélange d'hydrocarbure dans le dioxygène O₂, la compléter et l'équilibrer.



- A.2.5.** Déterminer la quantité de matière puis la masse de dioxyde de carbone produites lors de la combustion d'un litre d'essence en considérant que C₈H₁₈ est le réactif limitant.

Donnée : masse molaire moléculaire

$$M(\text{CO}_2) = 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- A.2.6.** D'après le document 6 page 13/16, l'objectif fixé par l'Union européenne en 2016 en terme d'émission de dioxyde de carbone sera-t-il tenu pour cette voiture ? et en 2020 ?

PARTIE B : UN PROJET INNOVANT POUR UTILISER INDIRECTEMENT LE CO₂ EXISTANT : LA PILE À COMBUSTIBLE MICROBIENNE.

Deux scientifiques de l'université de Wageningen (Pays-Bas), Marjolein Helder et David Strik ont découvert une conversion d'énergie qui pourrait servir à produire de l'électricité. Leurs travaux ont porté sur les relations étroites qu'entretiennent les micro-organismes du sol et les plantes.

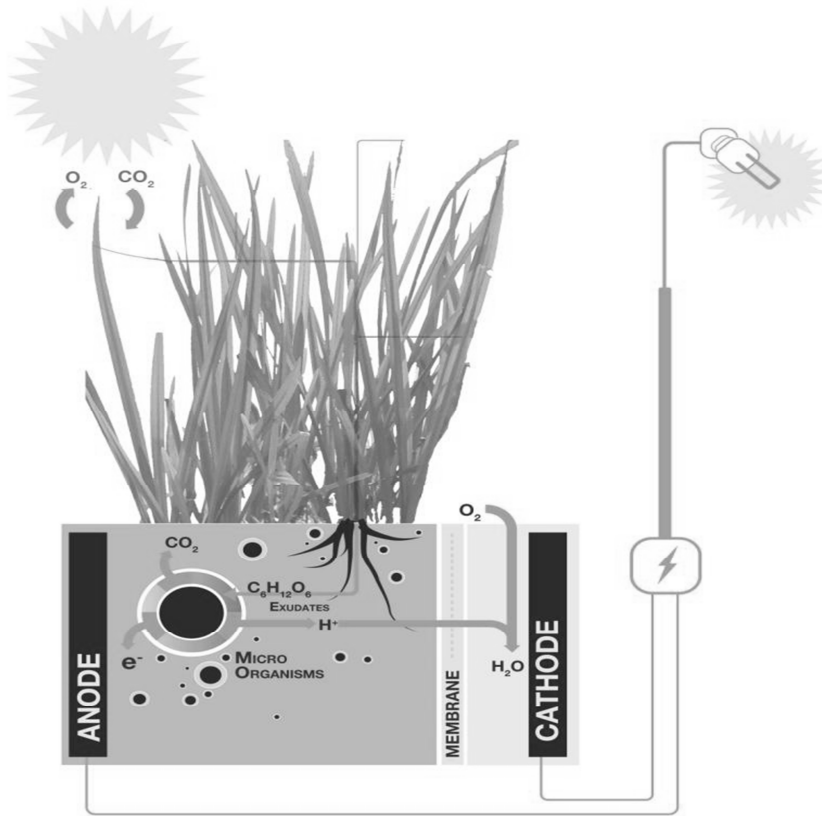
Grâce à la photosynthèse, les plantes sont capables de synthétiser des sucres à partir d'eau, de dioxyde de carbone et de lumière. Ces sucres seront utilisés par la plante, mais 40 % à 70 % seront relâchés dans le milieu environnant.

Ces sucres relargués -appelés exsudats- en grande quantité dans le milieu environnant vont pouvoir être utilisés par les micro-organismes du sol à proximité immédiate des racines du végétal. C'est sur cette étape clef que les deux scientifiques ont étudié leur principe de pile microbienne alimentée par le végétal : ainsi les micro-organismes se nourrissent des exsudats des plantes, et relarguent des protons H⁺, du dioxyde de carbone CO₂ et des électrons tout au long d'une journée.

Document 7

Principe de la pile microbienne à plantes de Marjolein Helder et David Strik.

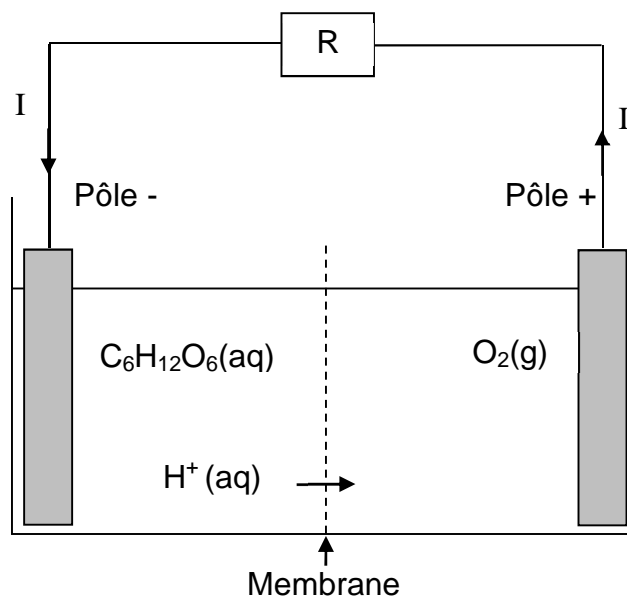
Source : <http://www.plantpower.eu/>



B.1. la pile à combustible microbienne.

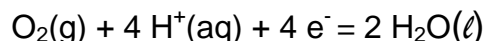
Document 8

Schéma simplifié de la pile à combustible microbienne

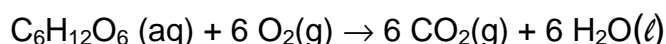


- B.1.1.** Le glucose $C_6H_{12}O_6(aq)$ réagit au niveau du pôle négatif de la pile. Est-ce alors un oxydant ou un réducteur ? Justifier la réponse.
- B.1.2.** L'espèce conjuguée du glucose est ici le dioxyde de carbone $CO_2(g)$. Écrire la réaction qui a lieu à cette électrode.

- B.1.3.** À l'autre électrode, la réaction qui a lieu est :



Vérifier que l'équation modélisant le fonctionnement de la pile s'écrit :



B.2. Comparaison pile à combustible microbienne sur les toits et panneaux solaires photovoltaïques.

- B.2.1.** Quelle conversion d'énergie réalise un panneau solaire photovoltaïque ?
- B.2.2.** En utilisant **le document 9 page 14/16**, relatif aux panneaux solaires photovoltaïques, présenter **un** avantage potentiel en faveur de piles à combustibles microbiennes installées sur un toit par rapport à des panneaux solaires photovoltaïques.

B.3. Performances espérées de la pile à combustible microbienne sur les toits.

- B.3.1.** Les chercheurs espèrent qu'à terme la puissance d'une telle pile soit de l'ordre de 3,20 W par m^2 de plantes sans altérer la croissance des plantes.
Montrer que l'énergie E_1 fournie par 100 m^2 de plantes en une journée serait voisine de $2,8 \cdot 10^7$ J.
- B.3.2.** Suffirait-elle à alimenter en électricité une maison avec une consommation moyenne de 2800 kW.h par an (source ADEME : hors chauffage et eau chaude) ?

Donnée : 1 kW.h = 3600 kJ

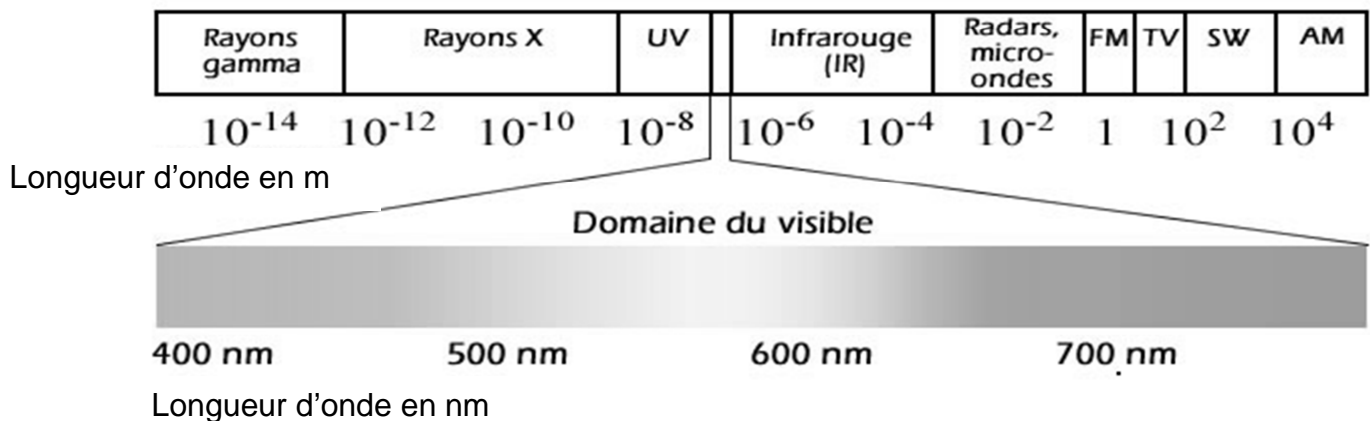
PARTIE C : LE DIOXYDE DE CARBONE CO₂ AU SERVICE DE L'HOMME.

C.1. Le laser à dioxyde de carbone CO₂.

La chirurgie au laser est largement utilisée dans de nombreuses spécialités chirurgicales humaines telles que : oto-rhino-laryngologie, gynécologie, neurochirurgie, chirurgie plastique, dermatologie, chirurgie orale et maxillo-faciale. Parmi les différents types de laser disponibles, le laser au CO₂ est l'instrument de prédilection de la chirurgie au laser en raison de ses propriétés exceptionnelles tant en matière de réalisation d'incisions, d'excisions que d'ablations de tissus à la fois précises et hémostatiques.

- C.1.1.** La longueur d'onde du LASER à CO₂ utilisé vaut : $\lambda_1 = 10,0 \mu\text{m}$.
En déduire à quel domaine des ondes électromagnétiques appartiennent les ondes émises par le LASER à CO₂.

Document 10 Spectre des ondes électromagnétiques



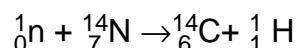
- C.1.2.** L'énergie transportée par un photon vaut : $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$ où h et c sont des constantes et λ la longueur d'onde associée aux photons.
Sans calcul, mais en justifiant la réponse, indiquer si les photons du laser CO₂ sont plus énergétiques ou moins énergétiques que ceux du laser « Nd : YAG »

Donnée : longueur d'onde du laser « Nd : YAG » : $\lambda_2 = 1064 \text{ nm}$.

- C.1.3.** Pour soigner les cicatrices d'acné, un traitement au laser consiste à faire pénétrer un faisceau sur quelques dizaines de micromètres de la peau (l'épiderme et le derme superficiel). Les photons doivent interagir avec l'eau contenue dans cet épiderme en la vaporisant.
En analysant **les documents 11 et 12 page 15/16**, justifier que le laser à CO₂ est bien adapté au traitement des cicatrices de l'acné.

C.2. La datation au carbone 14 en médecine légale.

Dans la haute atmosphère, des réactions nucléaires initiées par le rayonnement cosmique produisent un flux de neutrons libres. Après avoir été ralentis par collision avec les molécules de l'air, les neutrons réagissent avec les noyaux des atomes d'azote pour former des noyaux d'atome de carbone 14, selon l'équation bilan :

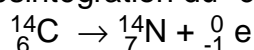


C.2.1. Après avoir défini l'isotopie, indiquer si les noyaux des atomes d'azote $^{14}_7\text{N}$ et de carbone $^{14}_6\text{C}$ sont des isotopes.

C.2.2. L'atome de carbone $^{14}_6\text{C}$, ainsi produit, réagit rapidement avec le dioxygène O_2 de l'atmosphère pour former du dioxyde de carbone CO_2 qui est assimilé par les plantes lors de la photosynthèse et donc indirectement par les hommes.

C.2.2.1. Pour dater un corps carboné, on compare l'activité A (c'est-à-dire le nombre de noyaux d'atomes de carbone 14 qui se désintègrent par unité de temps) à l'instant t de l'analyse, avec l'activité A_0 d'un même échantillon de carbone 14 récemment « mort ».

C.2.2.1.a) L'équation de désintégration du "carbone 14" en "azote 14" s'écrit :



Quelle particule est représentée par le symbole « $^0_{-1}\text{e}$ » ?

De quel type de radioactivité s'agit-il ?

C.2.2.1.b) À l'aide du **document 13 page 15/16** évaluer le temps de demi-vie $t_{1/2}$ du carbone 14.

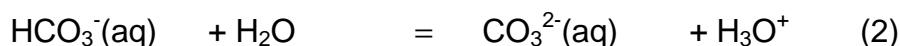
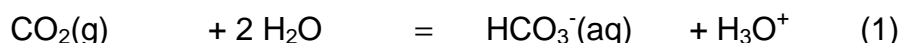
C.2.2.1.c) Au bout de combien de temps l'activité ne vaudrait-elle plus que le quart de l'activité initiale A_0 .

C.2.2.2. Le prélèvement d'un crâne retrouvé dans un grenier parisien a fourni une activité A au moment de la mesure (en juin 2013) telle que $A = 12,8$ désintégrations par minute et par gramme de carbone alors que l'activité initiale peut être estimée à $A_0 = 13,5$ désintégrations par minute et par gramme de carbone.

Le crâne momifié est supposé être celui du roi de France, Henri IV, né en 1553 et mort en 1610. Est-ce compatible ? Argumenter.

C.3. L'eau gazeuse à la maison.

Certaines personnes fabriquent elles-mêmes leur eau gazeuse à partir d'eau du robinet et d'un système à dioxyde de carbone $\text{CO}_2(\text{g})$. Le gaz injecté se dissout selon les équations suivantes :



C.3.1. Dans l'équation (2), $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ et $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$ forment un couple acide-base. Qu'est-ce qu'un couple acide-base ?

C.3.2. Quel est l'acide et quelle est la base dans le couple étudié en **C.3.1** ?

C.3.3. La dissolution du dioxyde de carbone dans l'eau entraîne une augmentation de la concentration des ions oxonium H_3O^+ , également notés $H^+(aq)$.
Comment évolue le pH de cette eau au cours de la dissolution ?

C.3.4. Citer un type de produit d'entretien couramment utilisé dans l'habitat qui possède également un pH « acide ».

C.4. Le dioxyde de carbone CO_2 supercritique : un solvant non polluant.






Sélectionné lors de l'exposition d'innovation technologique argentine INNOVAR 2012, le lave-linge « Nimbus » est l'œuvre de deux jeunes designers industriels (Nicolás Araya et Nicolás Vuksanovic) formés à l'université nationale de Córdoba.

S'inspirant d'expériences menées en Europe, les deux inventeurs ont mis au point une machine capable de laver le linge sans utiliser une seule goutte d'eau, grâce au CO_2 supercritique.

Dans ces conditions, le dioxyde de carbone se comporte comme un puissant solvant, capable de dissoudre les taches et la saleté, sans endommager le linge.

C.4.1. On souhaite éliminer, par solvant, une tache de graisse sur un tee-shirt.
Plusieurs solvants sont disponibles.

Document 14 : Solubilité d'une tache de graisse dans différents solvants

Solvant	Éthanol	Acétone	Chloroforme
Solubilité de la graisse	Insoluble	Soluble	Soluble
Sécurité		 	 

Parmi les solvants du document ci-dessus, indiquer celui que vous choisiriez et pourquoi vous écarteriez les deux autres ?

C.4.2. On peut également utiliser le dioxyde de carbone CO_2 supercritique. L'état supercritique est un état de la matière, aux propriétés intermédiaires entre celles d'un gaz et celles d'un liquide (température $> 31\text{ °C}$ et pression $> 73\text{ bars}$). Le processus mis en jeu est décrit par le cycle sur le **document 15 page 16/16** (à rendre avec la copie). Indiquer :

- dans les deux cases du graphique comportant des pointillés, l'état physique du dioxyde de carbone CO_2 ,
- et dans le tableau, la portion du cycle correspondant aux transformations décrites.

Document 2 relatif aux questions A.1.1.3. et A.2.

HYBRID AIR PSA : ÇA VA FAIRE DU BRUIT !

Le Principe

Le principe est simple, à chaque décélération, ce n'est donc plus un générateur électrique, mais une pompe hydraulique qui entre en action pour pousser de l'huile dans un accumulateur afin d'y comprimer (à l'aide d'un piston) l'azote qui y est confiné. Pression qui sera restituée sous forme de force motrice lors de l'accélération suivante par un moteur hydraulique (une pompe inversée). Ce procédé présente de nombreux avantages : il est peu coûteux, puisqu'il ne nécessite ni métaux rares ni électronique complexe. Il est très rapide et donc puissant, ce qui permet de récupérer pratiquement toute l'énergie de tous les freinages.

En revanche, un système hydropneumatique ne peut stocker qu'une très faible quantité d'énergie : la bonbonne en acier de 17 litres du prototype PSA ne peut ainsi récupérer que 35 W.h d'énergie mécanique utile, soit celle d'un seul gros freinage, quand la batterie d'un modèle full hybride électrique en emmagasine 20 fois plus. L'énergie de chaque décélération doit donc être immédiatement réutilisée lors de l'accélération suivante.

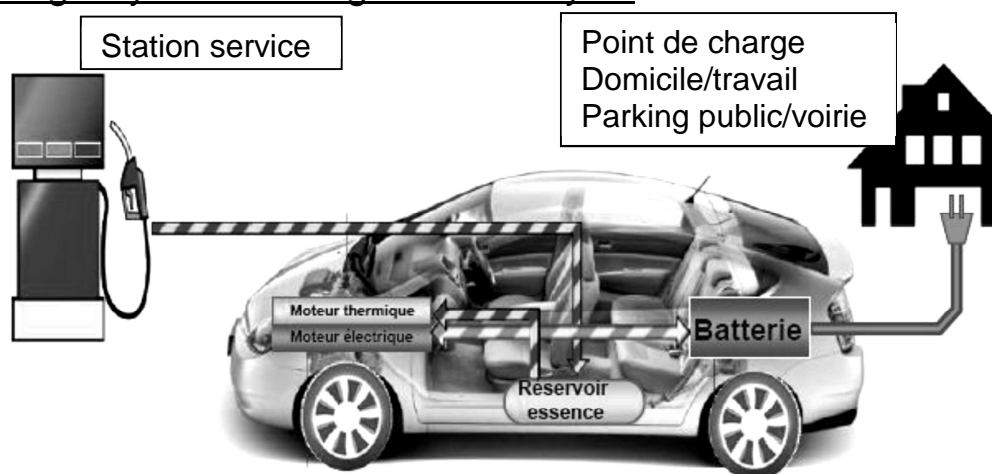
Reprises vigoureuses mais brèves

À cette condition, les ingénieurs PSA expliquent que cette capacité est suffisante pour que le moteur thermique soit coupé 80 % du temps en ville, permettant une réduction de consommation pouvant aller jusqu'à 45 % sur un parcours composé d'arrêts fréquents. Le gain est logiquement moins important sur route où le moteur thermique doit fonctionner pratiquement tout le temps.

Enfin, les responsables du projet Hybrid Air promettent un agrément de conduite bien supérieur à celui proposé par les véhicules hybrides électriques actuels. En effet, le système hydropneumatique peut instantanément ajouter ses 68 ch (50 kW) aux 82 ch du 3 cylindres essence, lorsque le besoin s'en fait sentir, mais durant quelques secondes seulement. De quoi garantir des reprises vigoureuses, mais brèves !

Source [Le point.fr](http://Le.point.fr) 23/01/2013

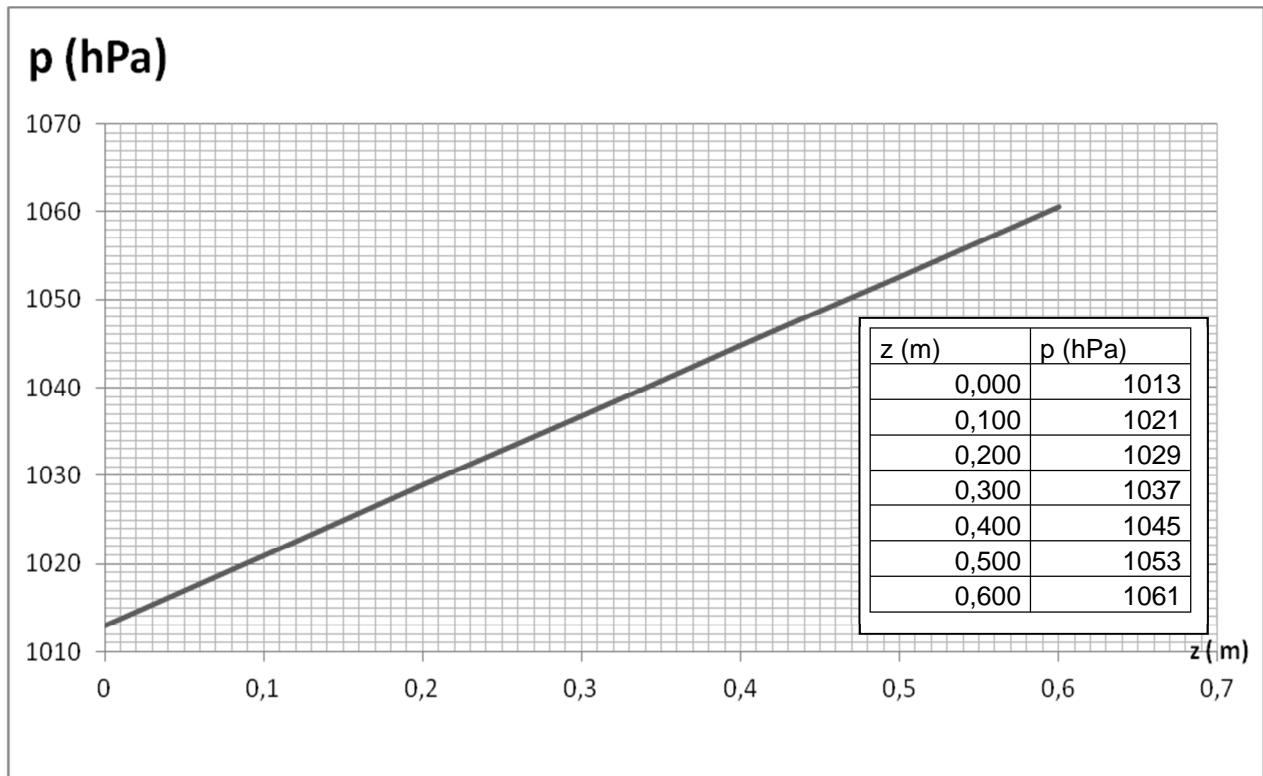
La technologie hybride rechargeable de Toyota



Source ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie)

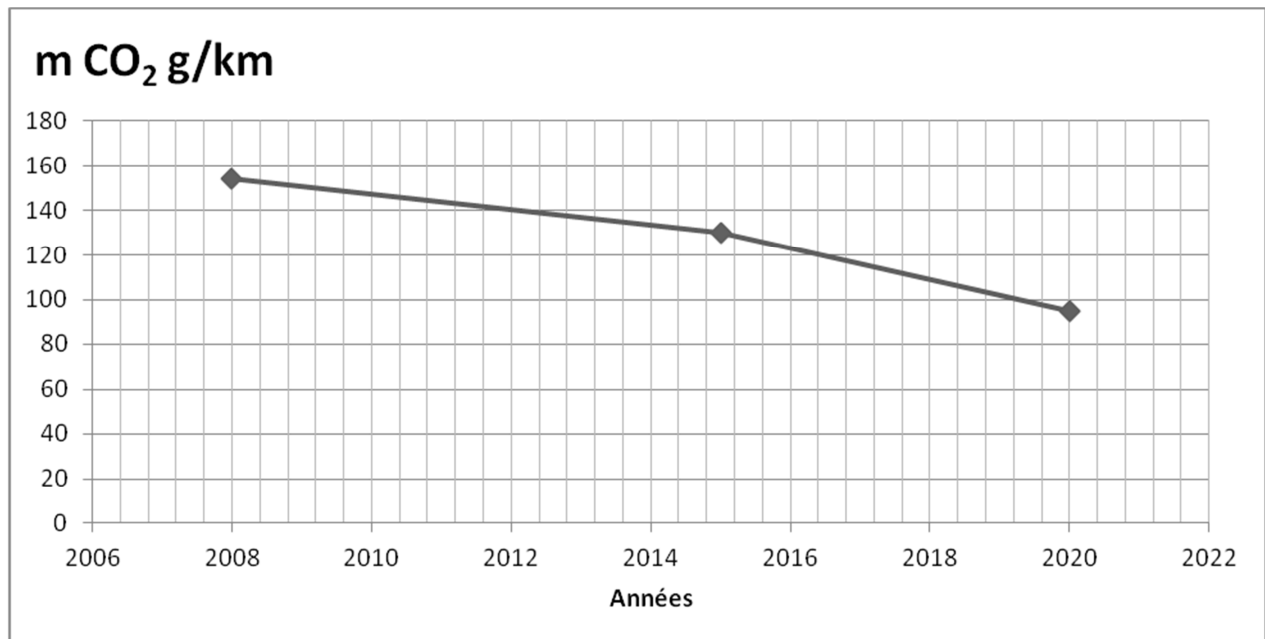
Document 4 relatif aux questions A.1.2.1 à A.1.2.3.

Pression p dans l'huile en fonction de la profondeur z



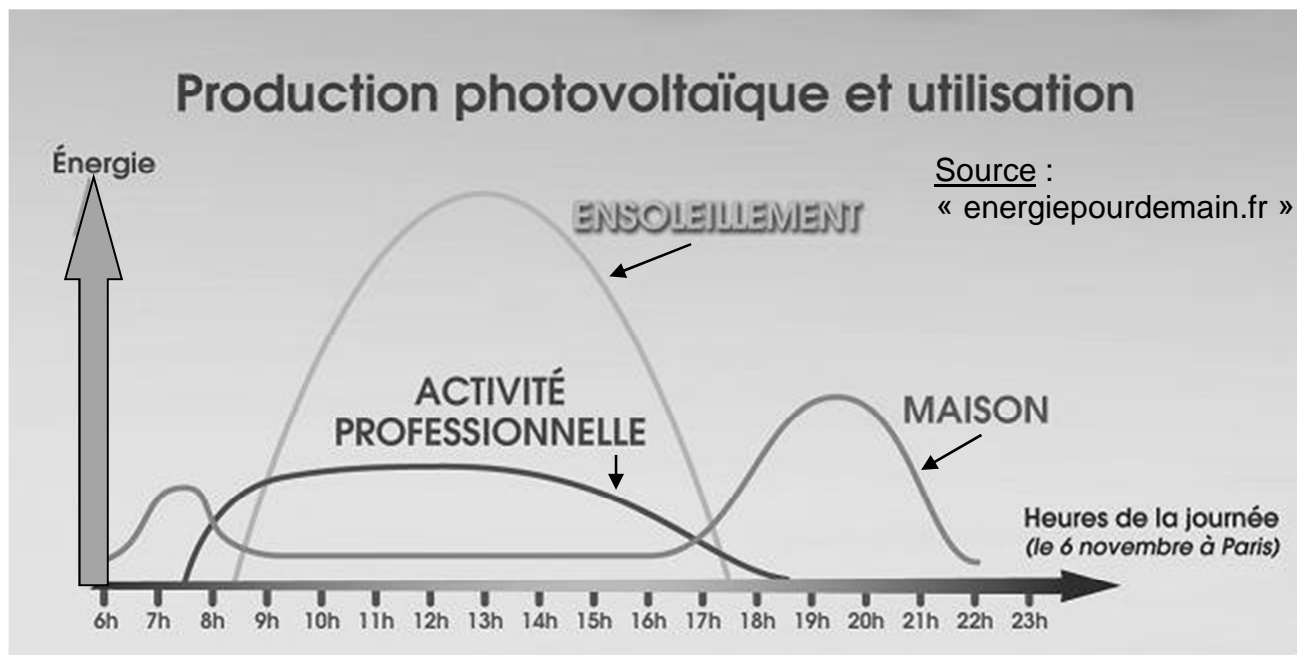
Document 6 relatif à la question A.3.6

Objectifs des émissions du CO₂ des véhicules européens (Source PSA)



Document 9 relatif à la question B.2.2

L'énergie produite par les panneaux solaires photovoltaïques



FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNÉES					
INCLINAISON \ ORIENTATION		☀ 0°	☀ 30°	☀ 60°	☀ 90°
Est	→	0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est	↘	0,93	0,96	0,88	0,66
Sud	↓	0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest	↙	0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest	←	0,93	0,90	0,78	0,55

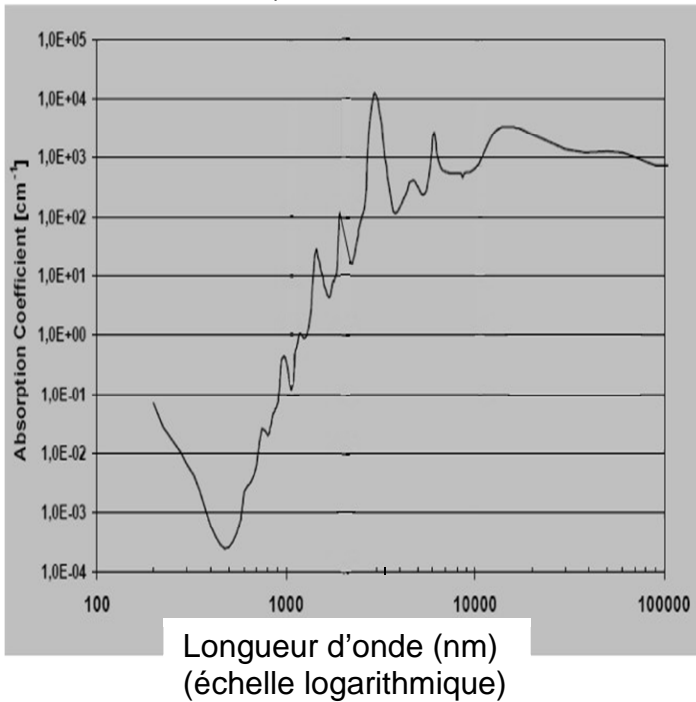
Source : ADEME

« Le facteur 1 correspond à un rendement énergétique maximal »

Document 11 relatif à la question C.1.3.

Courbe d'absorption de l'eau en fonction de la longueur d'onde des photons incidents

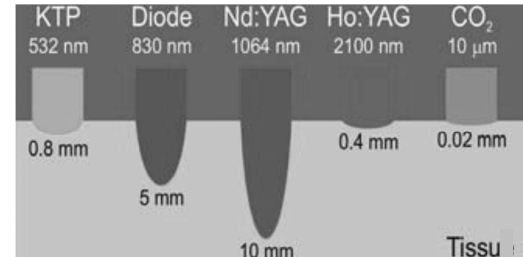
(Source Progrès en Urologie - FMC Vol. 19 - Mars 2009 - N° 1)



Document 12 relatif à la question C.1.3.

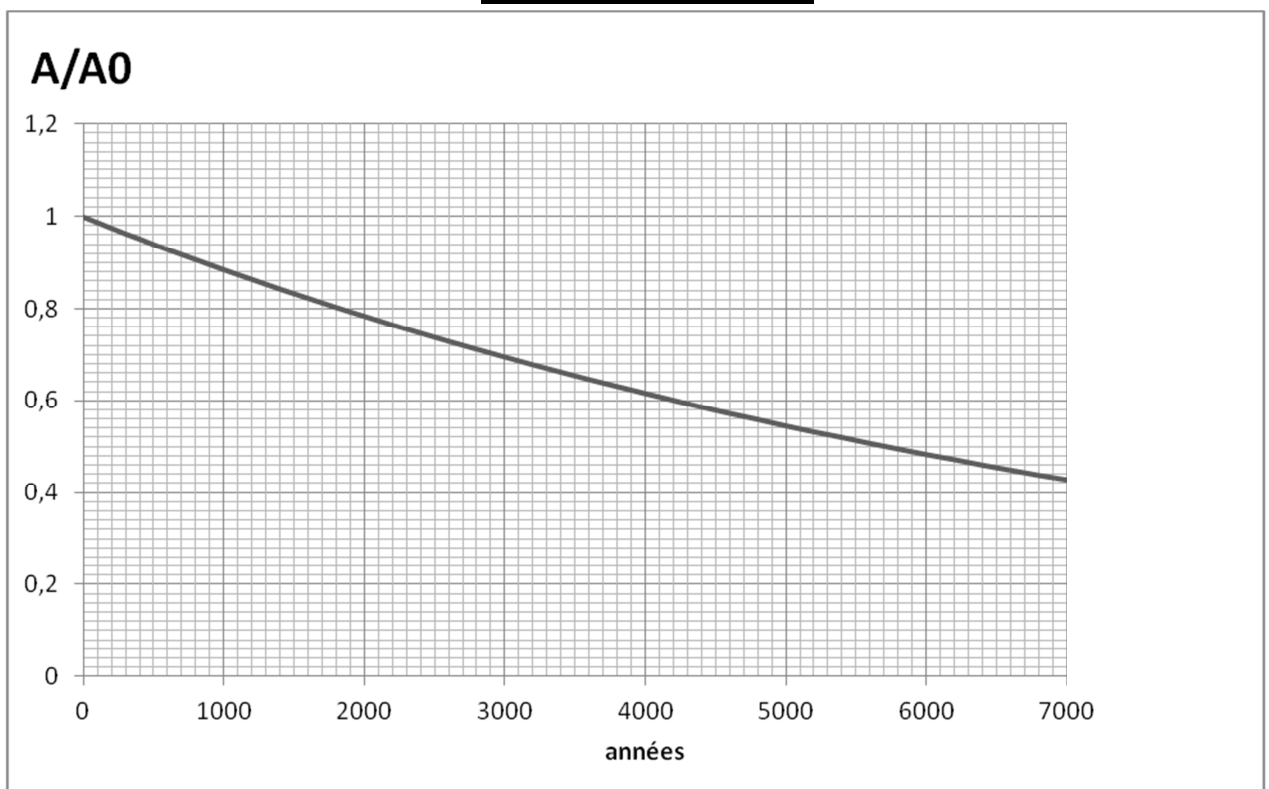
Épaisseur d'absorption des tissus de la peau en fonction du type de laser

(Source Progrès en Urologie - FMC Vol. 19 - Mars 2009 - N° 1)



Document 13 relatif aux questions C.2.2.2. b) et c)

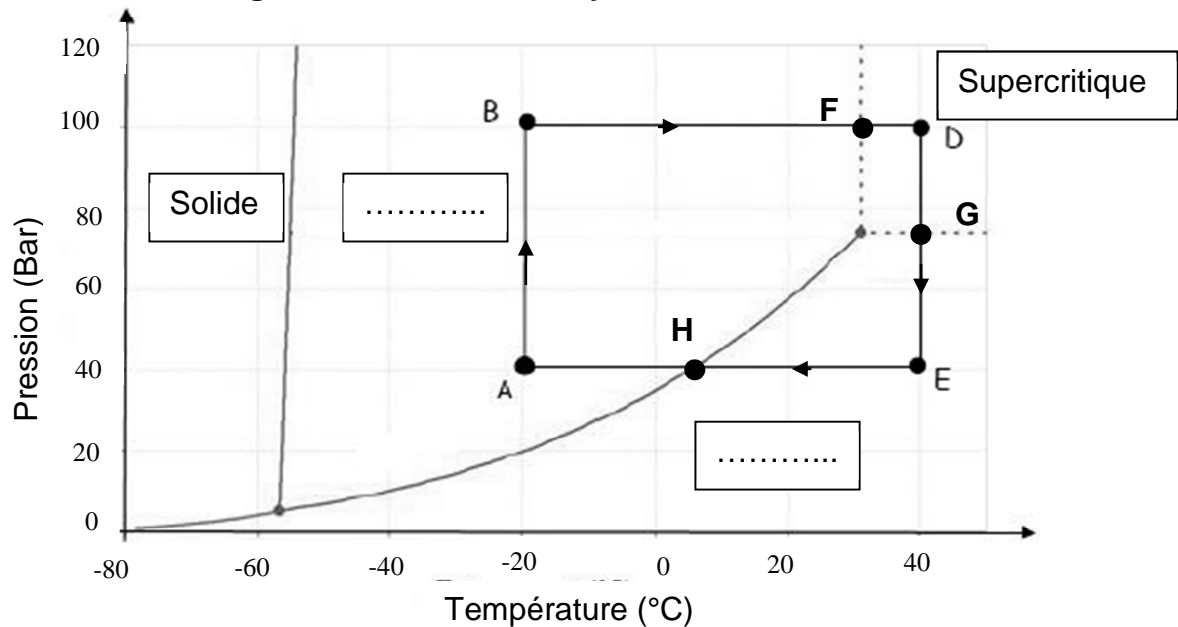
Rapport activité/activité initiale du carbone 14 en fonction du temps



DOCUMENT RÉPONSE
(à rendre avec la copie)

Document réponse 15 relatif à la question C.4.2.

Diagramme d'état du dioxyde de carbone CO₂



TRANSFORMATIONS	GRAPHIQUEMENT
Le CO ₂ liquide est comprimé sous une centaine de bars.	A → B
Le CO ₂ est chauffé de 31°C à 40 °C à pression constante. Il est alors dans un état supercritique.	
Dans l'extracteur, le CO ₂ supercritique se charge en graisse et sa pression diminue.	
Le CO ₂ liquide est chauffé de -20°C à 31 °C à pression constante.	
Le CO ₂ est détendu et se retrouve alors sous forme gazeuse ; ce qui lui permet de se séparer de la graisse.	