

SESSION 2016

Concours : **EXTERNE**
Section : **MATHEMATIQUES – PHYSIQUE CHIMIE**

EPREUVE ECRITE D'ADMISSIBILITE N°2

Etude d'un thème d'enseignement

Coefficient : 2 – Durée : 5 heures

Si au cours de l'épreuve le candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il la signale très lisiblement sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les initiatives que cela l'amène à prendre.

L'usage des calculatrices de poche est autorisé, à condition qu'elles soient à fonctionnement autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante.

Le sujet est constitué d'un problème, constitué de trois parties A, B et C. Il comporte onze pages y compris celle-ci, dont cinq pages de documents.

*Le sujet comporte des questions de nature pédagogique ou à caractère didactique clairement identifiées dans le texte par le niveau de la classe écrit en gras, par exemple : « **en classe de première Baccalauréat professionnel** ».*

SUJET

La conférence des Nations unies sur les changements climatiques de Paris (COP 21 du 30 novembre au 12 décembre 2015) a rappelé l'accélération du dérèglement climatique sur la Terre. Lors de cette conférence plus de cent cinquante chefs d'Etat et de gouvernement se sont réunis pour décider ensemble de la baisse des émissions de gaz à effet de serre.

Ce fut également l'occasion de présenter des innovations technologiques permettant de lutter contre le changement climatique.

Ce sujet comporte 3 parties indépendantes portant sur :

- Partie A : l'effet de serre et ses conséquences
- Partie B : les innovations technologiques permettant de lutter contre le changement climatique
- Partie C : le stockage du dioxyde de carbone

Dans chacune de ces parties de nombreuses questions sont indépendantes.

Les documents supports liés aux parties A, B et C sont rassemblés à la fin du sujet.

A. L'effet de serre et ses conséquences

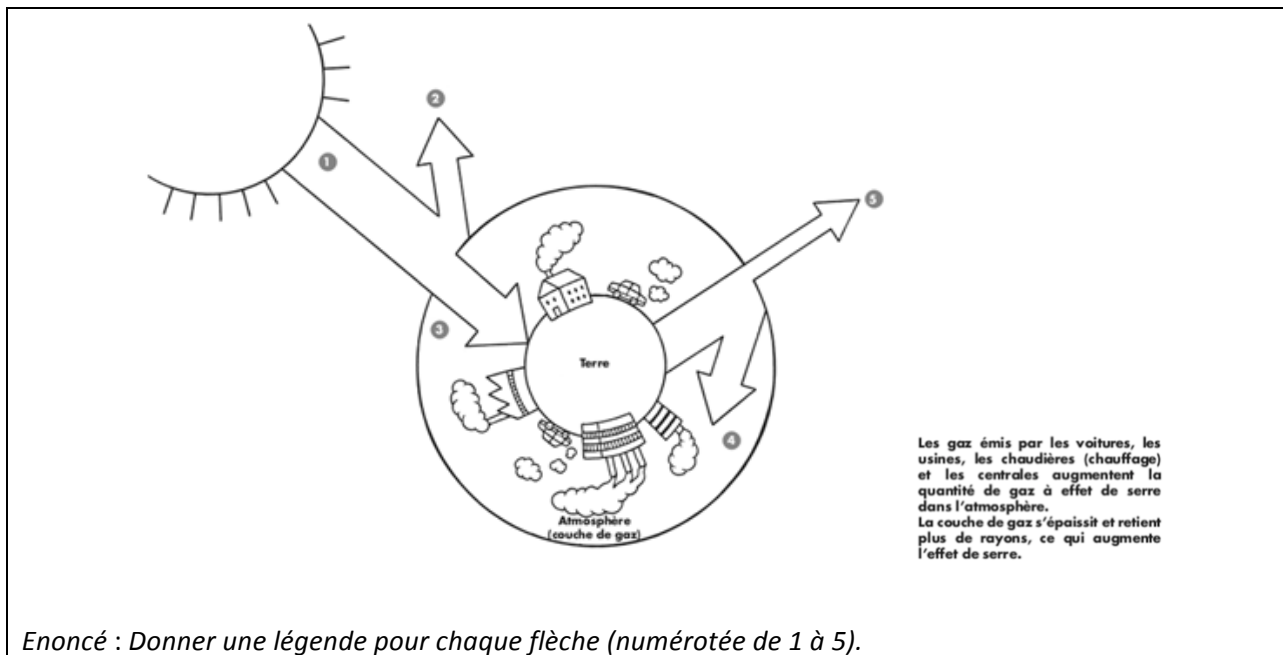
A.1 Une détermination de la composition de l'air

Antoine-Laurent de Lavoisier (1743 – 1794) a effectué des expériences sur la composition de l'air pendant près de vingt ans. Une de ces expériences est relatée dans le document 1.

- A.1.1 Préciser à quoi correspond « l'air vital ».
- A.1.2 Expliquer pourquoi l'air recueilli à la fin de l'expérience de Lavoisier n'est plus propre à la respiration des animaux.
- A.1.3 Ecrire l'équation de la réaction chimique qui se produit lors de l'expérience de Lavoisier.
- A.1.4 Déterminer le volume d'air à l'état de « mofette » en pouces cubiques, en considérant que la température est de l'ordre de 20°C dans le laboratoire de Lavoisier.
- A.1.5 En déduire la composition volumique de « l'air commun ».
- A.1.6 Vous êtes enseignant en **classe de 2^{de} professionnelle** et vous souhaitez utiliser tout ou partie du document 1 pour concevoir une évaluation d'une durée de 20 minutes, dans le cadre du module général EG4 relative aux objectifs 2.1.3. et 2.2. fournis dans le document 2.
 - A.1.6.1 Proposer des informations et/ou commentaires complémentaires jugés utiles à l'adresse des élèves de la **classe de 2^{de} professionnelle** pour construire cette évaluation.
 - A.1.6.2 Proposer un exercice qui serait adossé au document 1.

A.2 L'effet de serre

- A.2.1 L'atmosphère terrestre
 - A.2.1.1 Citer quatre gaz communément présents dans l'atmosphère terrestre (autre que ceux cités à la question A.1).
 - A.2.1.2 Pour la Fédération aéronautique internationale, la ligne de Kármán définit l'altitude limite entre l'atmosphère terrestre et l'espace.
Proposer une estimation de cette altitude.
- A.2.2 Le rayonnement solaire est l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil. Il se décompose en ondes *radio et millimétriques*, en émissions dans le *domaine du visible*, de *l'infrarouge*, et de *l'ultraviolet*. Il se compose également de *rayons X* et de *rayons gamma*.
 - A.2.2.1 Classer ces ondes par ordre énergétique croissant.
 - A.2.2.2 Rappeler les longueurs d'onde dans le vide et les couleurs qui délimitent le domaine du visible.
- A.2.3 L'effet de serre en classe
L'encadré ci-dessous constitue un extrait d'exercices utilisés en **classe de première Baccalauréat professionnel**.



A.2.3.1 Proposer une correction adaptée de cet exercice pour des élèves en **classe de première Baccaauréat professionnel**.

A.2.3.2 L'effet de serre est un phénomène naturel indispensable à la vie de l'Homme sur Terre. Proposer une explication adaptée de ce phénomène pour des élèves en **classe de première Baccaauréat professionnel**.

A.3 Les gaz à effet de serre et le réchauffement climatique

Les activités humaines émettent des gaz à effet de serre supplémentaires qui s'accumulent et « retiennent » davantage de chaleur qu'à l'état naturel. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre additionnel qui provoque un réchauffement accru de l'atmosphère. Il conduit à une élévation de température moyenne de notre planète d'environ 0,74 °C depuis 1870.

A.3.1 Mesure de température

Au cours du temps, la définition des échelles de température a été amenée à évoluer. L'échelle de température centigrade est une échelle de température relative, inventée en 1742 par le physicien suédois Anders Celsius. C'est une échelle à deux points fixes. Une autre échelle dite Kelvin possède un seul point fixe.

A.3.1.1 Quels sont les deux points fixes de l'échelle centigrade ?

A.3.1.2 Pour l'échelle Kelvin, quel est ce point fixe ?

A.3.1.3 Citer un exemple de thermomètre et le phénomène physique qu'il utilise.

A.3.1.4 Lors d'une séance de TP avec **une classe de 2^{de} professionnelle**, un élève dit « j'ai mesuré la chaleur avec le thermomètre ». Donner les termes d'une correction à apporter à cet élève pour rectifier cette affirmation erronée.

A.3.2 Effet de serre et hausse de température

A.3.2.1 Citer deux gaz à effet de serre (autre que le dioxyde de carbone) présents naturellement dans l'atmosphère terrestre.

A.3.2.2 Les documents de la partie A (numérotés de 3 à 5) sont les éléments constitutifs d'une activité documentaire dont l'objectif est d'étudier l'impact des émissions de gaz à effets de serre sur le réchauffement climatique.

Proposer un énoncé complet : questions préliminaires, étapes intermédiaires, question bilan, pour rendre cette activité accessible à des élèves **d'une classe de première Baccaauréat professionnel**.

B. Les innovations technologiques permettant de lutter contre le changement climatique

Le rejet de dioxyde de carbone ou gaz carbonique CO₂ dans l'atmosphère résulte à 57 % de la combustion des énergies fossiles.

Réduire les émissions de CO₂ en améliorant les moteurs thermiques des voitures constitue donc un défi majeur.

B.1 Comparaison de l'impact carbone d'un moteur essence et d'un moteur diesel pour une voiture de type monospace. (Documents Partie B.1)

B.1.1 Calculer pour chaque moteur (essence et diesel), le coût en carburant pour un trajet de 300 km sur autoroute.

B.1.2 Etude du moteur essence en consommation urbaine

B.1.2.1 Ecrire l'équation de la réaction de combustion (complète) de l'heptane avec des nombres stœchiométriques entiers les plus petits possibles.

B.1.2.2 Déterminer la masse de CO₂ produite par kilomètre en consommation urbaine.

B.1.3 Cette même voiture équipée d'un moteur diesel émet 187 g de CO₂ par kilomètre en consommation urbaine. Comparer l'émission en CO₂ de ces deux modèles.

B.1.4 La motorisation diesel présente un inconvénient à caractère environnemental et sanitaire majeur (non évoqué précédemment). Préciser cet inconvénient.

B.2 Etude thermodynamique d'un moteur essence conventionnel

B.2.1 Généralités

B.2.1.1 Rappeler l'expression du premier principe de la thermodynamique pour un système fermé sans variation d'énergies cinétique ni potentielle macroscopiques.

B.2.1.2 Préciser la signification de l'expression « *moteur ditherme* ».

B.2.1.3 Représenter par un schéma de principe un moteur ditherme en faisant apparaître les sources de chaleur et, à l'aide de flèches, le sens des échanges d'énergie.

B.2.1.4 Expliquer la différence entre « travail » et « transfert thermique » à un élève en **classe de première Baccaauréat professionnel**.

B.2.2 Le cycle d'un moteur à explosion (cycle de Beau de Rochas) d'une automobile peut être décrit de la manière simplifiée suivante :

Dans un cylindre :

Premier temps : HA, admission du mélange air carburant à pression et température constantes.

Deuxième temps : AB, compression adiabatique réversible du mélange.

Puis BC : explosion du mélange à volume constant.

Troisième temps : CD, détente adiabatique réversible du mélange.

Quatrième temps : DA, refroidissement isochore.

Puis AH, refoulement à pression et température constantes.

L'air étant en grand excès par rapport au carburant, on assimilera le mélange qui décrit le cycle à un gaz parfait unique de n moles et de coefficient $\gamma = 1,40$ (γ : rapport de la capacité thermique molaire à pression constante (C_{pm}) et de la capacité thermique molaire à volume constant (C_{vm})), de masse molaire : $29,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Données :

$V_A = V_D = 400 \text{ cm}^3$; $V_H = V_B = 40,0 \text{ cm}^3$; $P_H = 1,00 \text{ bar}$; $T_H = 300 \text{ K}$.

Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$.

$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.

Relation de Mayer : $C_{pm} - C_{vm} = R$.

Travail échangé sur l'ensemble du cycle ABCD : $W_{\text{cycle}} = -300 \text{ J}$.

Quantité de chaleur fournie par la combustion du carburant : $Q_{\text{comb}} = +500 \text{ J}$.

B.2.2.1 Sachant que les données sont exprimées et calculées pour une quantité de matière n fixée sur le cycle ABCD, déterminer la valeur de n .

B.2.2.2 Tracer l'allure du cycle HABCDH dans le diagramme de Watt (pression en ordonnées et volume en abscisses). On donnera le sens de parcours de ce cycle.

B.2.2.3 Calculer la pression et la température du gaz dans l'état B.

B.2.2.4 Exprimer et calculer la variation d'énergie interne lors de la transformation AB.

B.2.2.5 Montrer que le travail reçu par le gaz au cours de la transformation AB a pour expression :

$$W_{AB} = \frac{nR}{\gamma - 1} (T_B - T_A)$$

- B.2.2.6 Rappeler la définition du rendement d'un moteur.
- B.2.2.7 Exprimer et calculer le rendement de ce moteur.
- B.2.2.8 Sadi Carnot, physicien, a proposé plusieurs modèles de moteurs, préciser le siècle au cours duquel il a vécu.
- B.2.2.9 Nommer un autre physicien célèbre qui a étudié les machines thermiques.

B.3 Moteur innovant : « Hybrid air ». (Documents Partie B.3)

Lors de la journée de l'innovation en janvier 2013, le groupe automobile PSA a présenté son moteur « hybrid air » : un mariage innovant de technologies. Un moteur essence, un stockeur d'énergie sous forme d'air comprimé, un ensemble moteur-pompe hydraulique. Une étape clé vers « la voiture 2L/100km » à l'horizon 2020 selon PSA. Il serait adapté aux voitures de type Citroën C3 ou Peugeot 208. (Source : site internet de PSA France).

B.3.1 Bilan énergétique

Proposer une chaîne énergétique décrivant les transformations successives de l'énergie cinétique d'une voiture, possédant un moteur « hybrid air », lors d'une décélération suivie d'une accélération.

Nommer les différentes formes sous lesquelles se trouve l'énergie ainsi que les modes de transferts énergétiques.

B.3.2 Citer un autre moteur hybride et décrire succinctement (7 lignes maximum) son fonctionnement. (L'approche énergétique sera privilégiée).

C. Le stockage du dioxyde de carbone CO₂ (documents Partie C)

Afin de limiter les rejets en CO₂ de nombreux projets sont envisagés.

Parmi les différentes options, le CSC (captage et stockage du CO₂) est l'une des plus étudiées.

Une première idée consiste à laisser tomber dans les fosses marines des blocs de CO₂ solide (formés et stockés dans des bateaux cargos frigorifiques).

Cependant cette première approche très simpliste présente de nombreux inconvénients. On relève notamment le risque de libération brutale du CO₂ dans le cas d'un changement d'état de ce dernier.

Données :

Masse molaire atomique en g.mol⁻¹ : C : 12,0 ; O : 16,0.

Constante des gaz parfaits : $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

Masse volumique du CO₂ solide : $\rho = 1,56 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Masse volumique du CO₂ liquide : $\rho' = 1,26 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Masse volumique de l'eau de mer : $\rho_e = 1,02 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Température moyenne de l'océan : $T_e = 282 \text{ K}$

Pression à la surface de l'océan : $P_0 = 1,00 \text{ bar}$

Intensité du champ de pesanteur : $g = 9,80 \text{ m.s}^{-2}$

C.1 Un changement d'état du CO₂

Soit le diagramme de changement d'état du CO₂ (Partie C document 2).

C.1.1 Préciser l'état physique dans lequel se trouve le CO₂ dans les zones : A, B, C.

C.1.2 Dans le cas où le bloc de dioxyde de carbone reste à la surface de l'océan : ce solide est-il stable ? Dans le cas contraire préciser le nom du changement d'état qui est susceptible de se produire.

C.1.3 Donner une estimation de la valeur de la pression minimale de l'eau pour que le bloc reste solide dans la fosse marine.

C.1.4 On utilise comme repère l'axe z vertical descendant. On note $z = 0$ à la surface de l'océan. Après avoir rappelé l'équation de la statique des fluides, établir l'expression de $P(z)$ en fonction de P_0 , g et ρ_e .

C.1.5 En déduire la profondeur minimale de la fosse marine pour que le bloc de dioxyde de carbone solide reste stable. Porter un regard critique sur ce résultat.

C.2 Le projet retenu actuellement consiste à stocker le CO₂ dans des aquifères salins ou des anciens gisements de gaz ou de pétrole en profondeur.

Le CO₂ gazeux est récupéré en sortie d'usine et subit une série de compressions jusqu'à l'obtention d'un liquide. Ce dernier serait injecté dans un aquifère salin ou un ancien gisement. Dans de telles conditions de température et de pression, le CO₂ est piégé à l'état supercritique.

C.2.1 L'état du CO₂

C.2.1.1 Donner une estimation de la pression minimale régnant dans un aquifère sachant que le dioxyde de carbone est stable à l'état supercritique.

C.2.1.2 Le fluide supercritique possède de nombreux points communs avec l'état gazeux. Pourtant, il n'est pas possible d'utiliser le modèle du gaz parfait. Proposer une interprétation.

C.2.1.3 Après avoir rappelé la définition du modèle du gaz parfait, proposer une adaptation à apporter à ce modèle pour travailler dans les conditions régnant dans l'aquifère. (*aucun calcul n'est attendu*).

C.2.2 Injection du CO₂

Sur le site d'In Salah en Algérie, une entreprise teste actuellement l'injection du CO₂ dans un aquifère de 1 800 m de profondeur. Considéré comme liquide à la surface, le CO₂ est injecté dans l'aquifère par trois conduites. Dans chacune d'elles, le débit volumique moyen est égal à $1,00 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

C.2.2.1 Calculer le débit massique dans chaque conduite en $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$ puis en $\text{tonne} \cdot \text{jour}^{-1}$.

C.2.2.2 En déduire la masse totale de CO₂ stocké dans cet aquifère par an.

C.2.2.3 Dans le dernier rapport de l'IFP (énergies nouvelles-Paris), on peut lire : « Si les gisements pétroliers et gaziers ont prouvé leur capacité à contenir des fluides pendant des millions d'années, il reste à démontrer qu'ils ne réagiront pas négativement à l'injection de CO₂, particulièrement en présence d'eau. »

Proposer une propriété physico-chimique du CO₂ dissous qui pourrait expliquer l'inquiétude de ces chercheurs. Justifier la réponse.

Documents Partie A

Document 1 : l'analyse de l'air par Lavoisier

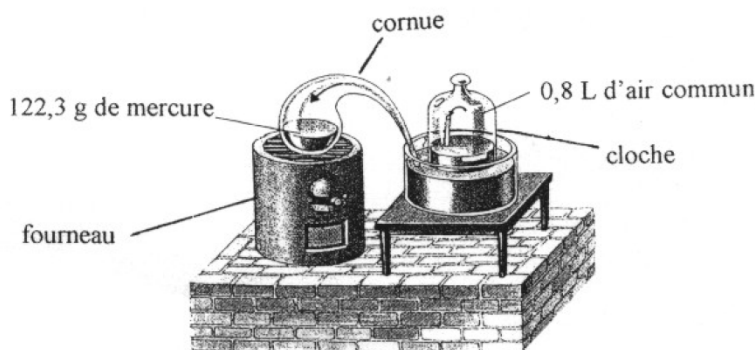
« J'ai renfermé dans une cornue 4 onces (122,3 g) de mercure très pur et 50 pouces cubiques (0,80 L) d'air commun. Les choses ainsi préparées, j'ai allumé un feu dans le fourneau et je l'ai entretenu presque continuellement pendant 12 jours. Il ne s'est rien passé de remarquable pendant le premier jour. Le second jour, j'ai commencé à voir nager, à la surface du mercure, de petites parcelles rouges (rouille de mercure) qui, pendant 4 ou 5 jours ont augmenté en nombre et en volume, après quoi elles ont cessé de grossir et sont restées absolument dans le même état. Au bout de 12 jours, voyant que la calcination du mercure ne faisait plus aucun progrès, j'ai éteint le feu et j'ai laissé refroidir l'ensemble. Le volume d'air était avant l'expérience de 50 pouces cubiques (0,80 L). Lorsque l'opération a été finie, ce volume à pression et température égales (c'est à dire dans les mêmes conditions de départ) ne s'est plus trouvé que de ***** pouces cubiques. »

Lavoisier pensa que ces parcelles rouges (« rouille de mercure » en réalité de l'oxyde de mercure HgO) résultaient d'une réaction chimique entre le mercure et un constituant « actif » de l'air.

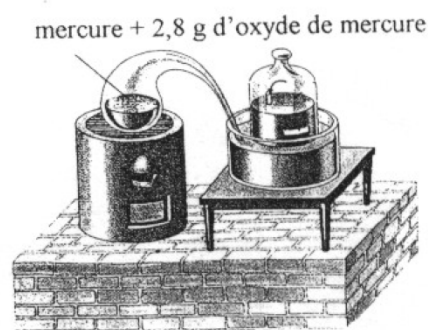
Mais Lavoisier ne s'en tint pas là, il étudia le gaz restant : « L'air qui reste dans la cloche après cette expérience est dans l'état de mofette, c'est à dire impropre à la respiration des animaux, et incapable d'entretenir la combustion d'une bougie. »

D'où la conclusion de Lavoisier : « L'air commun que nous respirons est un mélange d'air à l'état de mofette et d'air vital. »

Le dispositif utilisé par Lavoisier pour réaliser l'analyse de l'air est schématisé ci-dessous :



avant la transformation chimique



après la transformation chimique

D'après <http://sciences-physiques.ac-dijon.fr/>

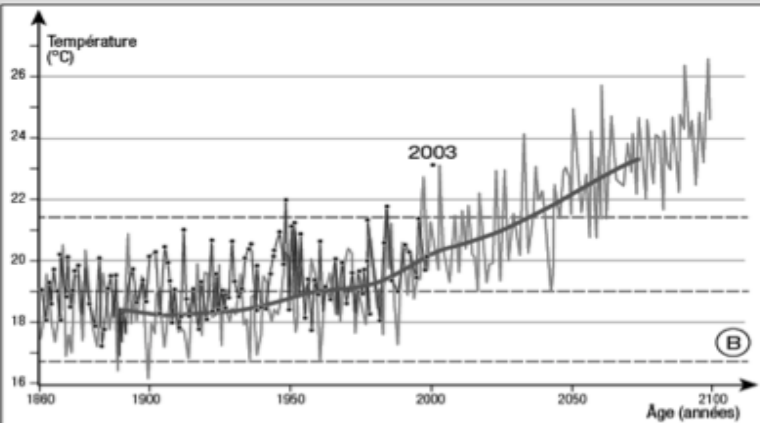
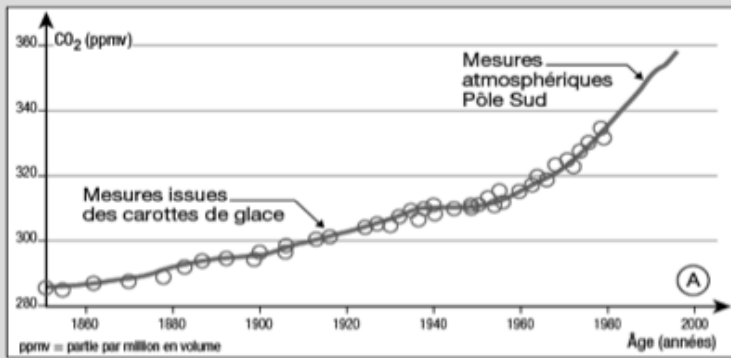
Données : $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$; $1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$

Élément	Symbole	Numéro atomique Z	Masse molaire (g.mol^{-1})
Oxygène	O	8	16,0
Mercure	Hg	80	200,6

Document 2 : Extrait du module EG4 du tronc commun de la **classe de 2^{de} professionnelle**

<p>2.1- Décrire la structure et les propriétés de la matière au niveau microscopique et macroscopique.</p> <p>2.1.1- Décrire la composition d'un atome (nucléons, structure électronique en couches, utilisation de la classification périodique).</p> <p>2.1.2- Expliciter la formation des molécules et des ions monoatomiques courants (règles de stabilité du duet et de l'octet) ; nommer les espèces chimiques (ions, molécules, composés ioniques) ; représenter quelques molécules simples (représentation de Lewis).</p> <p>2.1.3- Déterminer une quantité de matière (exprimée en moles) d'une espèce chimique à partir de sa masse ou de son volume (pour les gaz).</p>	<p>2.2- Montrer que la matière se présente sous une multitude de formes sujettes à transformations.</p> <p>2.2.1- Distinguer transformation physique et transformation chimique (exemples, caractéristiques essentielles de ces transformations).</p> <p>2.2.2- Modéliser une transformation chimique (écriture de l'équation d'une réaction chimique).</p> <p>2.2.3- Effectuer un bilan de matière simple.</p>
---	--

DOCUMENT 3

Évolution du taux de CO₂ atmosphérique A et de la température B depuis 1850

Source : planet-terre.ens-lyon.fr- 2000

DOCUMENT 4

Coefficient de solubilité du CO₂ dans l'eau de mer

Le CO₂ atmosphérique peut se dissoudre dans l'eau. La quantité soluble par unité de volume dépend de la température de l'eau. La dissolution du CO₂ dans l'eau est totalement réversible.

Température (°C)	0	5	10	15	20	25	30
Coefficient de solubilité du CO ₂ dans l'eau de mer (mol.L ⁻¹ .atm ⁻¹)	1,41	1,17	0,99	0,85	0,74	0,65	0,57

Source : D'après Labeyrie J., *L'Homme et le climat*, Point Sciences, Le Seuil. 1993

DOCUMENT 5

Répartition des émissions mondiales de gaz à effet de serre issus des activités humaines, tous gaz compris

Transport	15 %
Résidentiel et tertiaire	23 %
Procédés industriels	29 %
Déforestation	17 %
Agriculture	13 %
Déchets et égouts	3 %

Source : Données du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat)

On estime que le CO₂ est responsable de 55 % de l'**effet de serre non naturel**, provenant des activités humaines.

Documents Partie B (B.1)

Document 1 : quelques caractéristiques techniques d'une voiture type monospace

Motorisation	Diesel	Essence
Puissance (en cheval vapeur)	110	115
Consommation urbaine (en litre pour 100 km)	7,80	9,50
Consommation sur autoroute (en litre pour 100 km)	5,50	7,20
Consommation mixte (en litre pour 100 km)	6,40	8,30
Réservoir (en litre)	60,0	60,0

Document 2 : quelques caractéristiques des carburants

Gazole	Essence
Le gazole est un mélange de différents hydrocarbures de 12 à 23 atomes de carbone. Il est liquide à température ambiante. Chimiquement on assimilera le gazole à de l'hexadécane pur.	L'essence est un mélange d'hydrocarbures plus légers, de 6 à 12 atomes de carbone, auquel on a ajouté divers additifs. Elle est liquide à température ambiante. Chimiquement on assimilera l'essence à de l'heptane pur.

	Formule brute	Densité
Heptane	C_7H_{16}	0,680
Hexadécane	$C_{16}H_{34}$	0,770

Données :

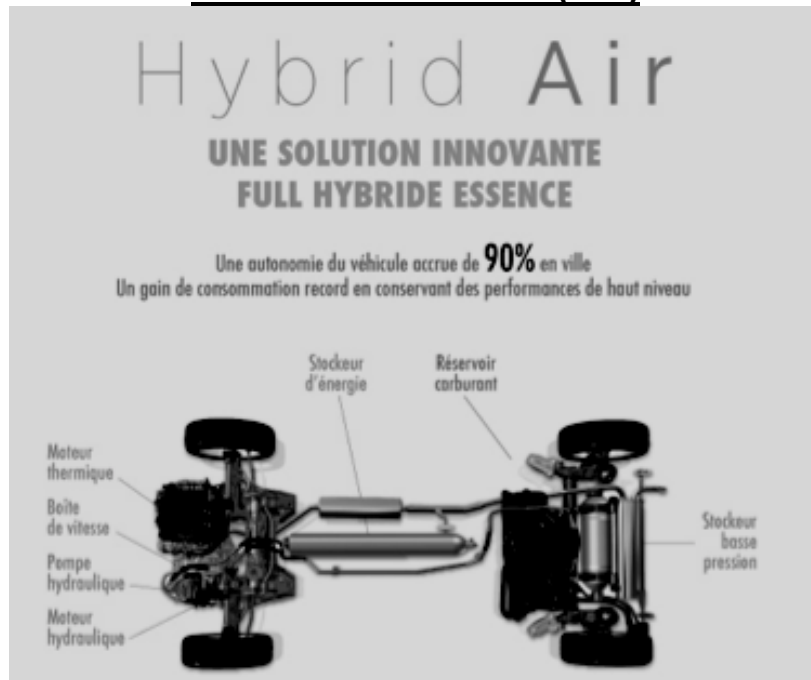
Masses molaires atomiques en $g \cdot mol^{-1}$: H : 1,00 ; C : 12,0 ; O : 16,0

Masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1,0 g \cdot cm^{-3}$

Document 3 : prix moyen en métropole des carburants en 2015

Carburant	Gazole (moteur diesel)	SP 98 (moteur essence)
Prix au litre en euros	1,16	1,41

Documents Partie B (B.3)



Source : PSA

« Hybrid Air » PSA

L'idée consistant à remplacer la lourde et coûteuse batterie d'un système hybride électrique classique par un accumulateur stockant de l'énergie sous la forme d'azote sous pression n'est pas vraiment nouvelle. Elle est en effet déjà utilisée sur des camions de livraison, de récupération d'ordures et a même été expérimentée en France sur un bus transformé par la société picarde Poclair. Sa transposition sur une automobile supposait néanmoins de résoudre des problèmes acoustiques - le système hydraulique utilisé pour comprimer l'azote est bruyant - que PSA annonce avoir résolu, puisque le niveau sonore serait désormais inférieur à celui produit par un moteur thermique. À vérifier lors de nos essais en avant-première au printemps prochain.

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 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.

Source : *Le point* ; Publié le 24-01-2013

Documents Partie C

Document 1 : « CSC : captage et stockage du CO₂ »

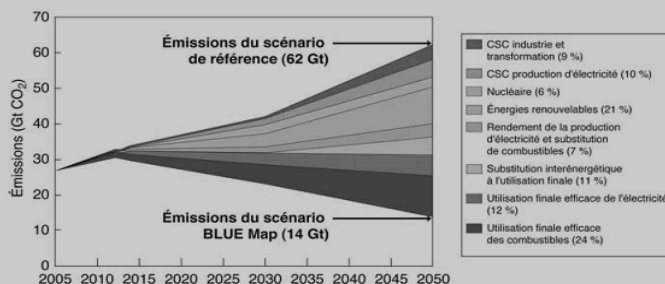
Le CSC consiste à capter le CO₂ émis par les installations industrielles (principalement les centrales électriques, mais également les cimenteries, les aciéries, etc.) pour ensuite le stocker dans le sous-sol.

Différentes zones géologiques sont envisagées pour stocker le CO₂ :

- les aquifères salins profonds,
- les réservoirs d'hydrocarbures des champs matures :
 - soit après exploitation dans les réservoirs déplétés,
 - soit en cours de production avec le bénéfice additionnel d'aider à drainer les hydrocarbures hors des réservoirs (procédés EOR/EGR),
- les veines de charbon non exploitables,
- un stockage sous forme minérale dans les roches ultrabasiques.

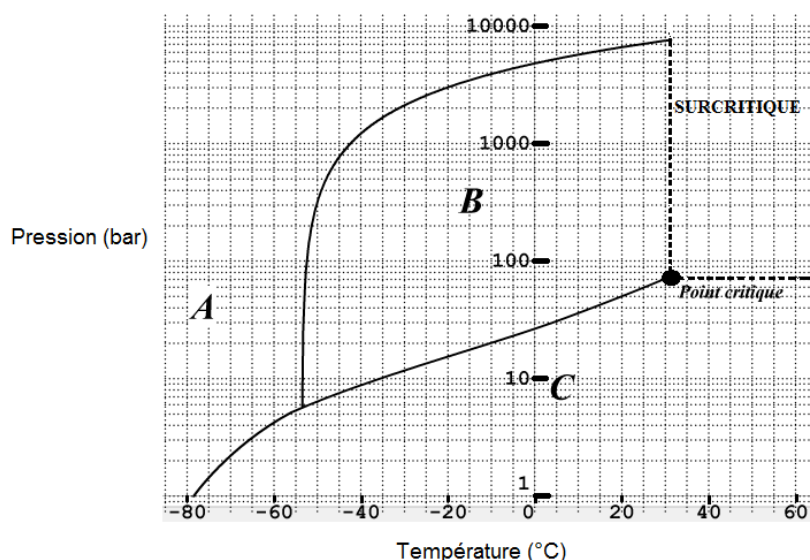
Seuls les champs matures ou les aquifères salins permettront de stocker des quantités suffisantes à l'échelle du problème posé. On estime ainsi le potentiel de stockage du CO₂ des champs matures à environ 900 Gt, mais leur répartition mondiale est très inégale sur la planète. Les aquifères salins ont

une plus grande couverture géographique, mais du fait de leur manque d'intérêt économique à ce jour, ils sont peu étudiés et donc encore mal connus. Leur potentiel de stockage de CO₂ reste incertain, mais jugé largement supérieur à celui des champs matures.



Le captage et stockage du CO₂ (CSC) pourrait contribuer à hauteur de 19 % à la réduction globale des émissions de GES au niveau mondial, soit environ 5 Gt de CO₂ par an en 2050. Source : AIE.

Document 2 : diagramme de changement d'état du CO₂



Document 3 : stockage du CO₂

