

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## SESSION 2014

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 14 pages numérotées de 1/14 à 14/14.**

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

**Les pages 13/14 et 14/14 où figurent les documents réponses sont 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.

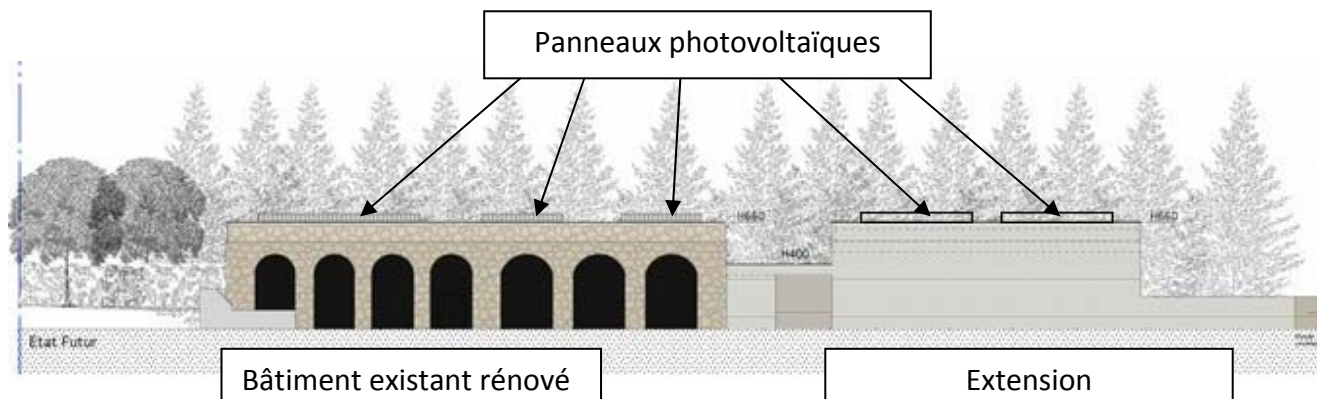
Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.

Une entreprise de BTP (Bâtiment et Travaux Publics) déménage dans de nouveaux locaux répondant aux normes RT2012, près de Bordeaux.

Les bureaux et le laboratoire de génie civil seront situés dans d'anciens locaux. Le bâtiment existant est un parallélépipède qui sera rénové.

Le projet architectural proposé consiste à créer, en alignement avec le bâtiment existant, un volume en bois de gabarit similaire pour abriter les locaux techniques de l'entreprise. En articulation entre ces deux volumes, vient se glisser l'entrée des bureaux et du laboratoire de l'entreprise.

Les couvertures, de l'extension et du bâtiment existant, sont prévues avec un toit en terrasse équipées de capteurs photovoltaïques.



En stage dans cette entreprise, vous êtes chargé(e) de différents dossiers d'études.

- Un dossier lié à l'équipement solaire des bâtiments.
- Un dossier lié à la chaudière à condensation qui équipera le site.
- Un dossier lié à l'acquisition éventuelle par l'entreprise d'un densimètre nucléaire.

Le sujet comporte trois parties indépendantes reprenant les thèmes nommés ci-dessus.

## **A. L'ÉQUIPEMENT SOLAIRE DES BÂTIMENTS.**

### **A.1. Étude énergétique :**

**A.1.1** Compléter la **question A.1.1** du **document réponse page 13/14**.

**A.1.2** Les panneaux solaires fournissent-ils un courant alternatif ou continu ?

**A.1.3** En déduire la nature de la conversion que doit réaliser le convertisseur électrique présenté à la **question A.1.3/A.1.4** sur le **document réponse page 13/14** pour alimenter une installation domestique.

**A.1.4** Compléter le schéma de la chaîne énergétique présenté à la **question A.1.3/A.1.4** sur le **document réponse page 13/14**, en indiquant les valeurs des énergies électriques et des énergies perdues en W.h.

Sur les toits en terrasse des bâtiments, on installe  $135 \text{ m}^2$  de panneaux photovoltaïques.

Le calculateur de l'I.N.E.S (Institut National de l'Énergie Solaire), dont les résultats sont donnés sur **le document A1 page 8/14**, permet d'estimer la production d'électricité restituée sur le réseau d'une installation photovoltaïque d'1 kWc.

**A.1.5** Estimer la quantité d'énergie produite, sur une année, par les 135 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques installés. On supposera que la nature des panneaux et leur orientation correspondent aux paramètres introduits dans le calculateur.

## A.2. Étude expérimentale :

Au laboratoire, on désire vérifier le rendement d'un panneau solaire équipé d'un capteur photovoltaïque en silicium monocristallin, similaire à ceux qui équiperont les bâtiments.

On réalise pour cela l'expérience présentée sur **le document A.2.1 page 8/14**.

**A.2.1** Nommer les appareils nécessaires à la mesure de U et de I et compléter le schéma du **document A.2.1 page 13/14**.

**A.2.2** Les valeurs de la puissance délivrée par le panneau sont calculées dans une feuille de calcul (cf. **le document A.2.2 page 9/14**). Parmi les trois expressions suivantes, quelle est celle qu'il faut saisir dans la cellule C3 du **document A.2.2 page 9/14** ?

$$\text{a)} = C1 * C2$$

$$\text{b)} = C1 * C2 * 1000$$

$$\text{c)} = C1 * C2 / 1000$$

**A.2.3** La tension à vide est mesurée lorsque l'interrupteur K est ouvert. Déterminer la valeur de la tension à vide  $V_{OCexp}$  expérimentalement obtenue ?

**A.2.4** Le courant de court-circuit est mesuré lorsque K est fermé, et pour une valeur de R tendant vers 0  $\Omega$ . Déterminer la valeur de l'intensité du courant de court-circuit  $I_{CCexp}$  expérimentalement obtenue ?

**A.2.5** Déterminer graphiquement la puissance maximum  $P_{MAXexp}$  délivrée par le panneau solaire.

On extrait de la documentation du fabricant les caractéristiques suivantes pour une irradiance standard de 1000 W/m<sup>2</sup>.

Puissance maximale (Pmax): 5 Watts.

Tension à circuit ouvert (Voc) : 21,96 Volts.

Courant en court circuit (Icc) : 410 mA.

**A.2.6** Calculer l'écart relatif :

$$\frac{\Delta P}{p} = \frac{P_{max} - P_{max_{exp}}}{P_{max}}$$

L'expérience valide-t-elle la puissance maximum  $P_{max}$  affichée par le constructeur ?

**A.2.7** En fait, les conditions de l'expérience ne sont pas valables. En vous référant au **document A.2.7 page 9/14**, énoncer une cause de la différence entre les valeurs du constructeur et les valeurs expérimentalement obtenues.

## **B. LA CHAUDIÈRE À CONDENSATION DES BÂTIMENTS.**

Le local technique de l'entreprise, servant de lieu de stockage du matériel, n'est pas chauffé. Par contre, les bureaux, le laboratoire de génie civil et la nouvelle entrée sont chauffés à l'aide d'un système équipé d'une chaudière à condensation alimentant en eau chaude des planchers chauffants.

**Le document B.1 page 10/14**, présente succinctement le principe d'une chaudière à condensation et **le document B.2 page 10/14** concentre une série de données nécessaires pour répondre à certaines questions de la partie B.1 et B.2.

### **B.1 La « condensation des fumées ».**

On suppose que les fumées restent à une pression constante voisine de 100 kPa, de leur formation à leur extraction.

Les fumées sont principalement composées de diazote  $N_2$ , de dioxyde de carbone  $CO_2$  et d'eau  $H_2O$ .

**B.1.1** En vous reportant aux **documents B.1 et B.2 page 10/14**, indiquer sous quel état physique (solide, liquide ou gazeux) se trouvent le diazote  $N_2$  et le dioxyde de carbone  $CO_2$  à la sortie de la deuxième zone repérée sur le schéma ② **document B.1 page 10/14**.

**B.1.2** Compléter le diagramme d'état de l'eau à la **question B.1.2** sur le **document réponse page 14/14** en repérant les différents états de l'eau.

**B.1.3** Placer sur ce diagramme de phase, les points A et B correspondant respectivement à l'état de l'eau dans les fumées pour la première zone repérée sur le schéma 2 puis à la sortie de la deuxième zone repérée sur le schéma 2 du **document B.1 page 10/14**.

**B.1.4** Peut-on dire que dans une chaudière à condensation « les fumées sont condensées » ? Justifier.

### **B.2 La combustion dans la chaudière**

La chaudière étudiée brûle du gaz de ville, gaz que l'on supposera uniquement constitué de méthane,  $CH_4$ .

À l'aide des données **du document B.2 page 10/14** :

**B.2.1** Écrire l'équation chimique de la combustion complète du méthane  $CH_4$  dans l'air.

**B.2.2** Calculer la quantité de matière  $n_{CH_4}$ , exprimée en mol, contenue dans 1,00 kg de méthane.

**B.2.3** Dédire des questions précédentes que la masse de vapeur d'eau  $m_{H_2O}$  formée par la combustion d'1,00 kg de  $CH_4$  est de 2,25 kg.

**B 2.4** Montrer que la condensation des vapeurs d'eau dans une chaudière permet de réaliser un gain de 10 % en énergie comme le présente le **document B.1 page 10/14**, en supposant que seule l'énergie de changement d'état de l'eau est récupérée.

### **B.3 La composition du condensat.**

Le condensat d'une chaudière est prélevé à une température de 20°C afin d'en mesurer le pH.

**B.3.1** Pourquoi, peut-on considérer le condensat comme une solution aqueuse ?

**B.3.2** Quel appareil peut-on utiliser pour mesurer le pH de cette solution ?

On obtient une mesure de  $\text{pH} = 5,2$ .

**B.3.3** Le condensat est-il une solution acide ou basique ? Justifier.

**B.3.4** Suite à cette mesure, pourquoi peut-on affirmer que l'eau n'est pas le seul constituant du condensat ?

**B.3.5** Après avoir écrit les deux demi-équations correspondant aux couples acide-base  $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$  et  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$ , écrire l'équation acido-basique correspondant à la réaction de l'eau avec le dioxyde de carbone dissous ( $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}$ ).

**B 3.6** À la lecture des **documents B.3.1 et B.3.2 page 11/14**, quelles espèces chimiques sont présentes en solution dans le condensat ?

**B.3.7** Le tartre est essentiellement constitué de carbonate de calcium  $\text{CaCO}_{3(s)}$ . En quoi ce pH protège-t-il les tuyaux d'écoulement du condensat, d'un éventuel dépôt de tartre ?

## C. ACQUISITION ÉVENTUELLE D'UN DENSIMÈTRE NUCLÉAIRE.

L'entreprise vient d'obtenir un important marché pour la réalisation d'un tronçon routier. Il est démontré que le compactage est un facteur important qui influe sur les propriétés mécaniques d'un sol et donc sur les performances de pénétration d'une route. On évite ainsi, à l'usage, les trous dans la chaussée.

On peut estimer qu'il sera nécessaire de faire un très grand nombre des mesures de la teneur en eau d'un sol afin de définir une stratégie de compactage des sols. Autant d'essais de mesure de la densité d'un sol permettent d'estimer la résistance d'un sol et donc de motiver l'arrêt ou le prolongement des opérations de compactage.

### Définition de la teneur massique en eau $\delta$ :

Pour un volume d'échantillon de sol prélevé, la teneur massique en eau  $\delta$  est définie par :

$$\delta = \frac{m_{\text{eau}}}{m_{\text{ss}}} \quad \text{avec}$$

$m_{\text{eau}}$  : masse d'eau contenue dans le volume d'échantillon de sol prélevé

$m_{\text{ss}}$  : masse de sol sec contenue dans le volume d'échantillon de sol prélevé,

### Matériel disponible au laboratoire :

Étuve : enceinte à la pression atmosphérique ; température réglable jusqu'à 150°C.  
Balance d'étendue de mesure 5-510g et de précision  $\pm 0,02\text{g}$   
Bécher, fiole, tube à essai...

## **C.1 Mesure de la teneur en eau d'un sol.**

- C.1.1** En réglant la température à 80°C dans l'étuve, la vaporisation de l'eau se fait-elle par ébullition ou par évaporation ?
- C.1.2** Présenter une méthode expérimentale simple permettant de réaliser la mesure de la teneur en eau d'un sol à partir du matériel disponible au laboratoire et d'un échantillon de sol.
- C.1.3** Après lecture du **document C.1 page 12/14**, donner deux avantages à l'utilisation d'un densimètre nucléaire.

## **C.2 Mesure de la densité.**

Les densimètres utilisent une source radioactive de césium 137 ( $^{137}_{55}\text{Cs}$ ) qui se désintègre naturellement en baryum 137 ( $^{137}_{56}\text{Ba}$ ).

- C.2.1** Donner le nombre de protons et le nombre de neutrons composant un noyau de césium 137 puis de baryum 137.
- C.2.2** Définir l'isotopie. Le césium 137 et le baryum 137 sont-ils des isotopes ?

**C.2.3** Écrire l'équation de désintégration du césium 137 en baryum 137 et préciser la nature de la particule émise.

**C.2.4** À la lecture du **document C.1 page 12/14** et à l'aide de la question précédente, déterminer la nature des rayonnements émis par la source de césium 137.

Le graphe du **document réponse C.2.5/C.2.6 page 14/14** représente l'évolution de l'activité d'un échantillon de noyaux radioactifs de césium en fonction du temps.

On rappelle que la « période radioactive » (ou demi-vie)  $T_{1/2}$  est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon est réduit de moitié.

**C.2.5** Déterminer graphiquement la demi-vie radioactive du césium 137. Vous ferez clairement apparaître le tracé sur le **document réponse C.2.5 /C.2.6 page 14/14**.

L'étalonnage de l'appareil est indispensable dès que la source a perdu 10% de son activité initiale.

**C.2.6** Estimer graphiquement la durée entre deux étalonnages de cet appareil. Vous ferez clairement apparaître le tracé sur le **document réponse C.2.5 /C.2.6 page 14/14**.

### **C .3 Obligation en cas d'acquisition d'un densimètre nucléaire.**

En vous aidant du **document C.1 page 12/14**, répondre à la question suivante :

Dans le cas où les responsables de l'entreprise feraient le choix d'acquérir ce type de densimètre, quelles actions doivent-ils mettre en place ?



INES Education - Logiciel CALSOL -  
Photovoltaïque réseau  
Estimation de la production PV injectée dans le  
réseau



Choix de la ville : Bordeaux

Inclinaison du plan : 30°

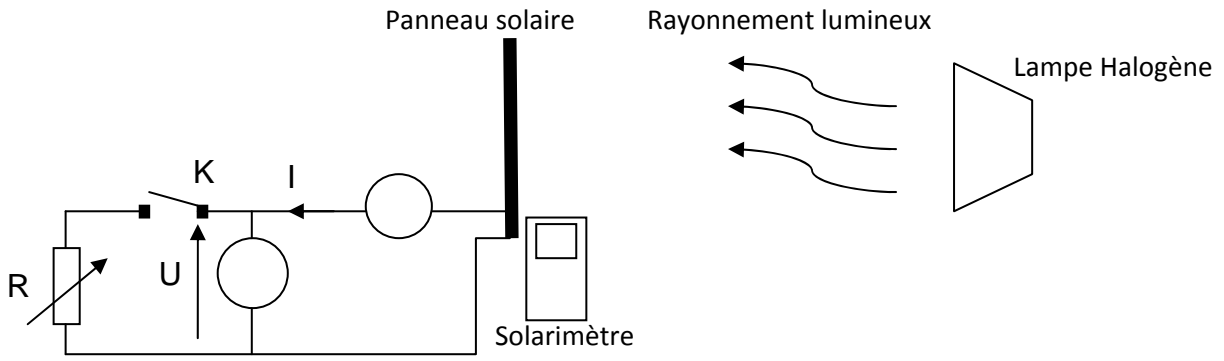
Orientation du plan : +45°

Puissance crête de l'installation technologie : Si-monocristallin 1kWc pour 7,1 m<sup>2</sup> de panneaux installés

	jan	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sep	oct	nov	déc	année
Prod (kWh)	37	51	80	113	135	144	153	124	102	71	42	33	1084

Productivité électrique annuelle par kiloWatt de puissance crête : 1084,3 kWh/kWc.an

Schéma expérimental de l'étude d'un capteur solaire



Mode Opérateur :

- 1- A l'aide d'un solarimètre SPM 72, on règle la position de la lampe halogène afin que le panneau solaire soit exposé à un rayonnement standard de 1000 W/m<sup>2</sup>.
- 2- L'interrupteur K étant fermé, on relève simultanément, pour différentes valeurs de la résistance R, l'intensité I produite par le panneau solaire et la tension U aux bornes de la résistance.

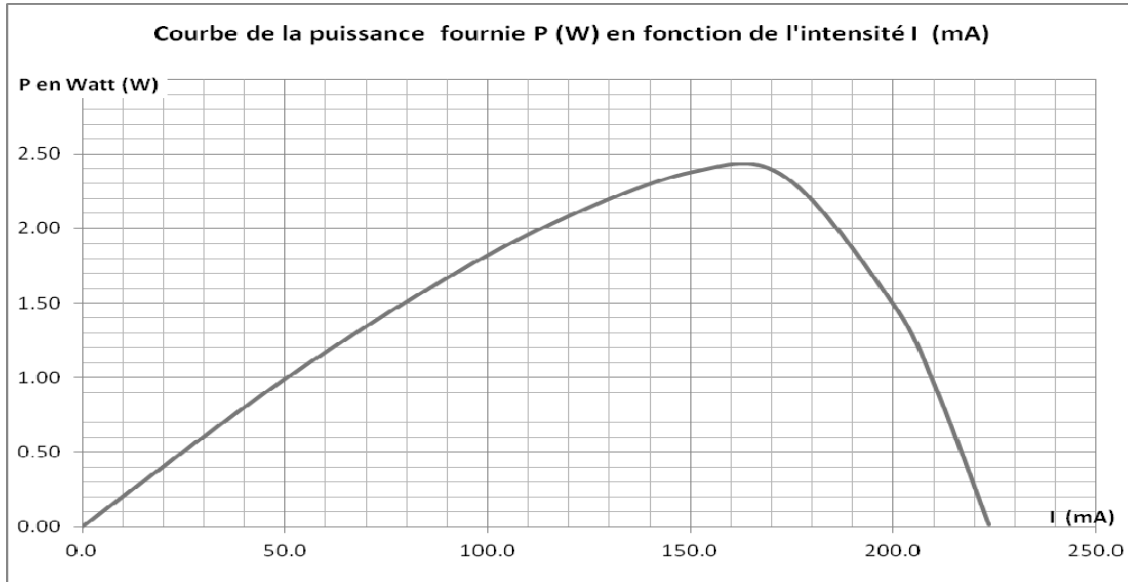


## Résultats expérimentaux de l'étude d'un capteur solaire

Document A.2.2

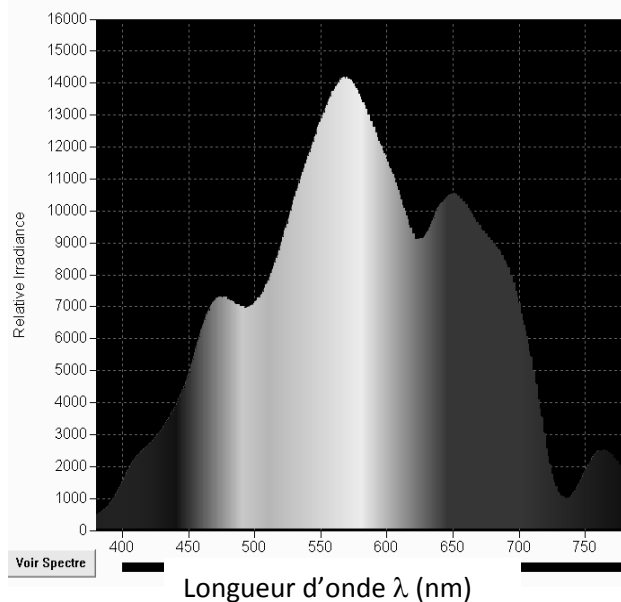
On obtient le tableau de mesures ci-dessous, dans lequel on a rajouté une ligne de calcul de la puissance électrique P fournie par le panneau solaire :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	U(V)	20.82	19.93	18.75	17.56	15.84	13.51	7.532	4.446	0.060
2	I(mA)	0.000	45.530	84.10	116.10	150.20	173.60	199.80	210.50	223.70
3	P (W)	0.000	0.907	1.577	2.039	2.379	2.345	1.505	0.936	0.013

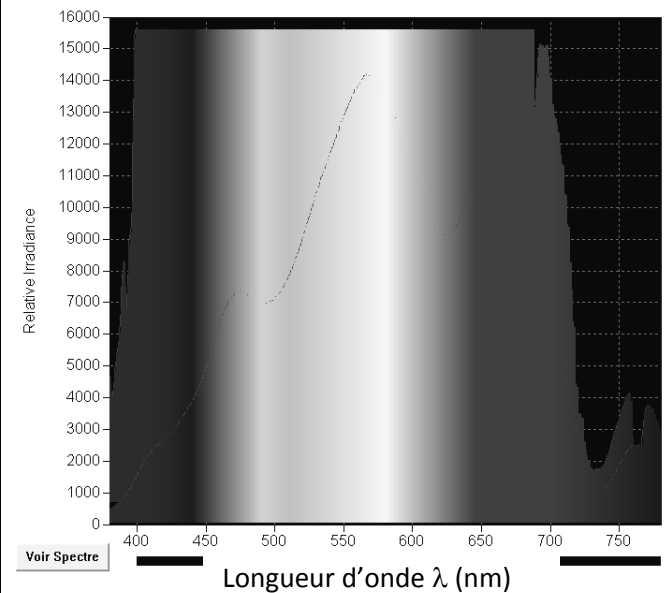


Document A.2.7

### Spectre de lampe halogène



### Spectre solaire



## Extrait de la documentation du Solarimètre SPM72

### 4 APPLICATIONS

- Mesure du rayonnement solaire ;
- Détermination de l'angle d'incidence optimal du panneau solaire ;
- Mesure de la transmission du soleil à travers un verre transparent et traité ;
- Pratique, aucun réglage nécessaire, affichage clair des données.

Schéma 1

Fumées chaudes  
contenant de la  
vapeur d'eau ①

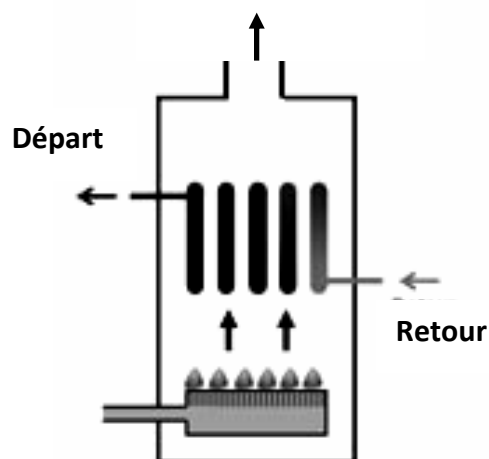
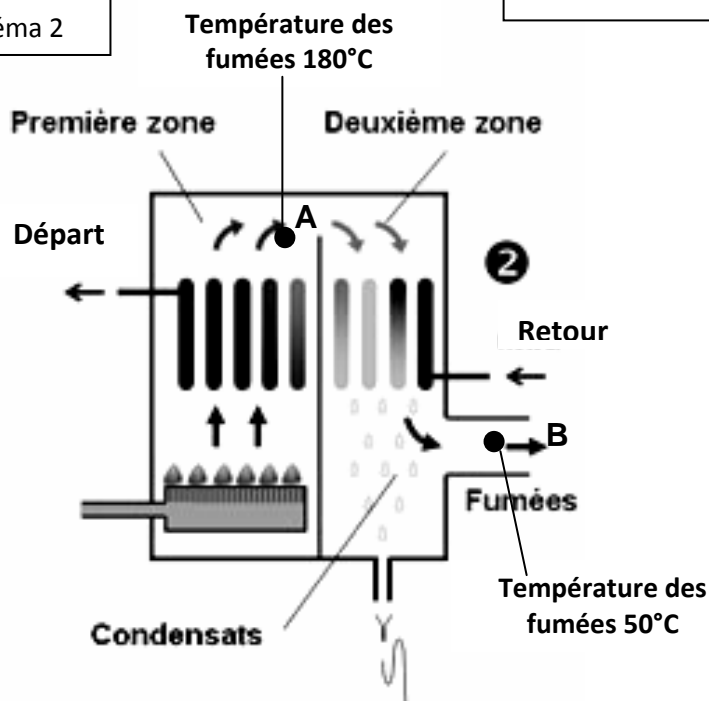


Schéma 2



<http://www.pelcener.fr/chauffage.chaudiere.condensation.php>

- ① Sur une chaudière « classique » les fumées sont évacuées sans récupérer la chaleur qu'elles contiennent.  
② Sur une chaudière à condensation, **les fumées sont condensées** en préchauffant l'eau de retour du circuit de chauffage.

Le principe de condensation est de récupérer, via les gaz de combustion, la chaleur produite afin de restituer le plus d'énergie consommée dans l'installation de chauffage.

La chaudière à condensation refroidit les fumées dégagées, qui sont à température très élevée, afin de récupérer cette chaleur.

Les fumées passent donc de l'état gazeux à l'état liquide libérant de l'énergie.

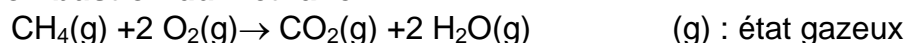
Ce système permet de faire un gain d'environ 10% d'énergie en plus et de faire des économies d'énergies.

### Séries de données relatives à la partie B.2

Elément	Formule brute	Température d'ébullition (°C) sous 100 kPa	Température de fusion (°C) sous 100 kPa
Diazote	N <sub>2</sub>	-196	-210
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	-56.6	-78.5

Elément Chimique	Formule brute	Masse molaire (g/mol)
Méthane	CH <sub>4</sub>	16
Dioxygène	O <sub>2</sub>	32
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>	44
Eau	H <sub>2</sub> O	18

#### Réaction de combustion du Méthane :



**Enthalpie standard de combustion du Méthane :** - 50kJ/kg. . La combustion d'1,00 kg de CH<sub>4</sub> produit une énergie de 50 kJ.

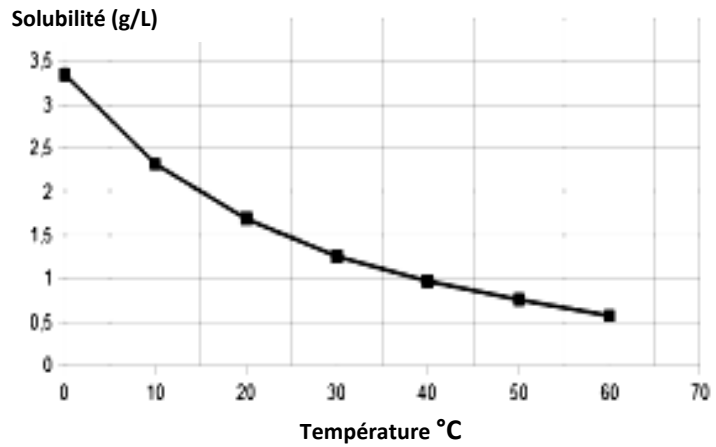
**Enthalpie de condensation de l'eau :** -2260 J/kg. La condensation d'1,00 kg d'eau produit une énergie de 2260 J.

## Évolution de la solubilité en CO<sub>2</sub> dissous

La solubilité en CO<sub>2</sub> dissous sous forme de gaz dans l'eau dépend de la pression et de la température.

*Évolution de la solubilité en fonction de la température*

température (°C)	solubilité (g/L)
0	3,346
10	2,318
20	1,688
30	1,257
40	0,973
50	0,761
60	0,576



## CO<sub>2</sub> est un acide

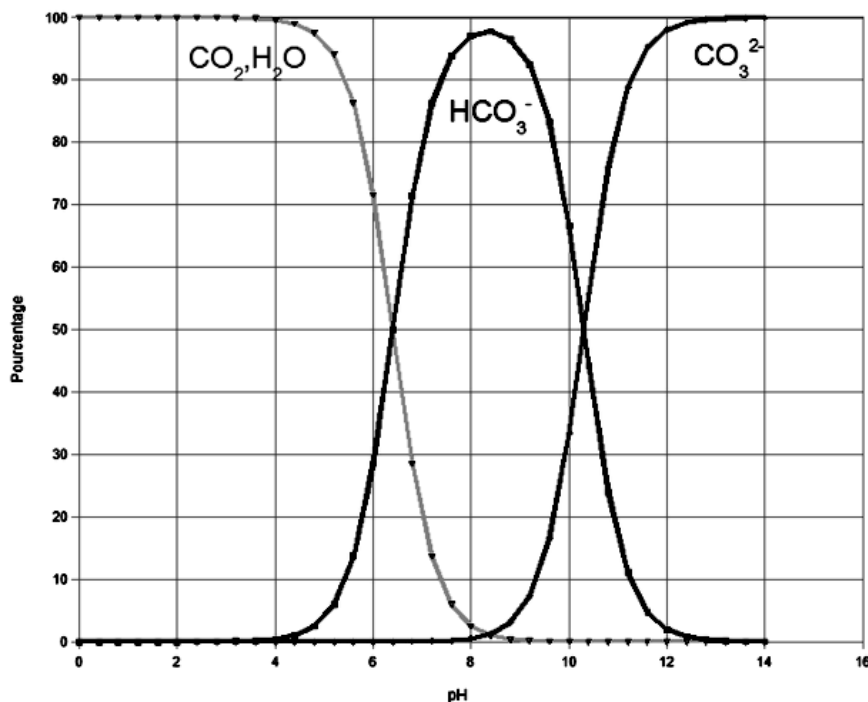
Le CO<sub>2</sub>(aq) est un acide qui forme avec l'ion hydrogénocarbonate le couple (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O)/ HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

L'ion hydrogénocarbonate HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> est lui aussi un acide, qui forme avec l'ion carbonate CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> le couple HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> /CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>.

[http://www.ac-grenoble.fr/loubet.valence/userfiles/file/Disciplines/Sciences/SPC/TS/Eau/eau\\_environnement](http://www.ac-grenoble.fr/loubet.valence/userfiles/file/Disciplines/Sciences/SPC/TS/Eau/eau_environnement)

## Diagramme de prédominance

Ce diagramme donne les concentrations des différentes espèces, provenant du CO<sub>2</sub> dissous, en fonction du pH.



*Diagramme de prédominance*

[http://www.ac-grenoble.fr/loubet.valence/userfiles/file/Disciplines/Sciences/SPC/TS/Eau/eau\\_environnement](http://www.ac-grenoble.fr/loubet.valence/userfiles/file/Disciplines/Sciences/SPC/TS/Eau/eau_environnement)

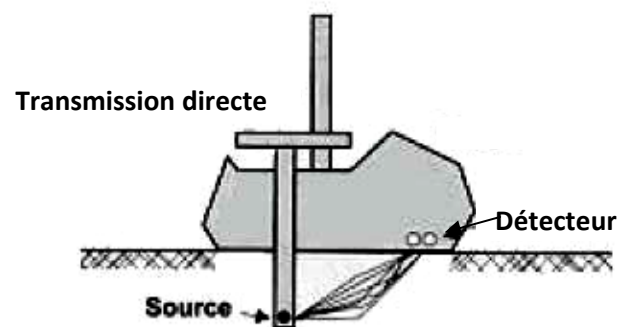
Les densimètres nucléaires sont des appareils dont le principe repose sur la mesure de dispersion ou de l'absorption de rayonnement radioactif par les sols.

Pour déterminer la densité du sol, une source radioactive-isotope (Césium 137) est plantée dans le sol (transmission directe). La source de l'isotope dégage des photons (des rayons gamma) qui sont éparpillés en raison des collisions avec les électrons d'atomes rencontrés. Plus la densité du milieu environnant est élevée, plus l'éparpillement est important.

La mesure de la teneur en humidité du sol est basée sur le principe d'absorption par l'eau des neutrons rapides émis par une source radioactive (Américium 241/Béryllium 9).



MC-3-Vectra



Transmission directe

La majorité des densimètres nucléaires disponibles dans le commerce affichent directement les mesures. Avant chaque session de mesure, ils doivent être calibrés à l'aide d'un ensemble standard de matières de densité définie, habituellement livré avec le densimètre.

Les densimètres nucléaires permettent des mesures rapides, précises et renouvelables. Les instruments sont transportables et peuvent être utilisés facilement.

Les inconvénients résident dans le fait que du matériel radioactif est utilisé, ce qui requiert une autorisation préfectorale d'utilisation ainsi que des opérateurs correctement formés. De plus, le matériel est cher et requiert un calibrage adéquat pour chaque site.

Par conséquent, les densimètres nucléaires ne sont préconisés que pour des entreprises effectuant beaucoup de mesures.

Extrait d'un cours de formation de l'AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE.

# DOCUMENT RÉPONSE

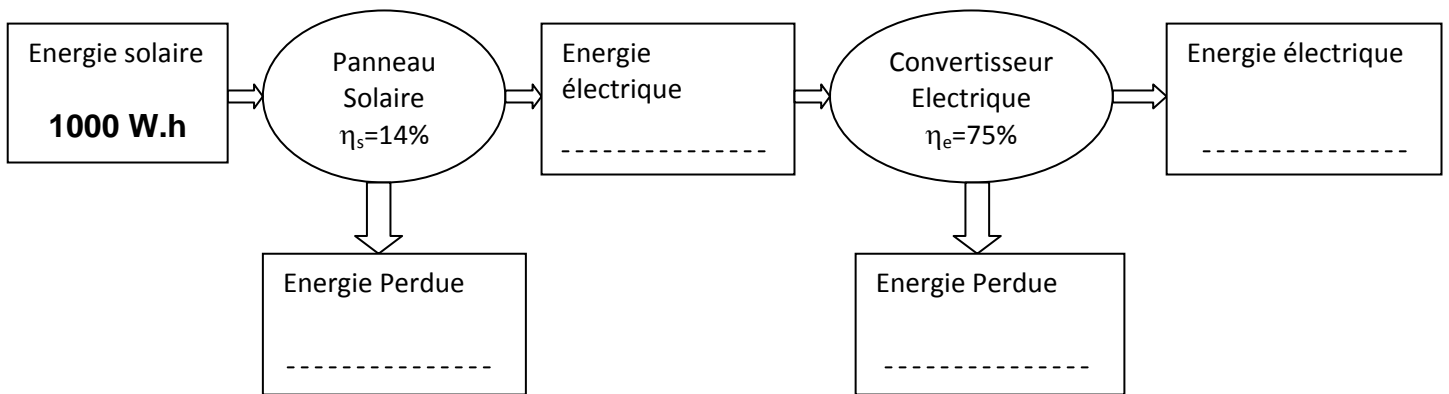
(à rendre avec la copie)

## Question A.1.1

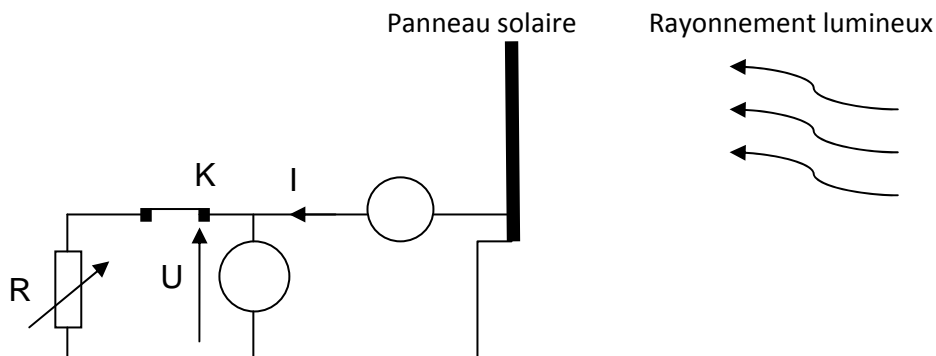
Cocher, pour chaque phrase la bonne proposition :

1. Le transfert d'énergie du Soleil vers la Terre se fait :  <input type="checkbox"/> par convection <input type="checkbox"/> par conduction <input type="checkbox"/> par rayonnement.	2. La particule correspondant au modèle corpusculaire de la lumière est :  <input type="checkbox"/> le positon <input type="checkbox"/> le photon <input type="checkbox"/> l'électron
--	---

## Questions A.1.3/A.1.4



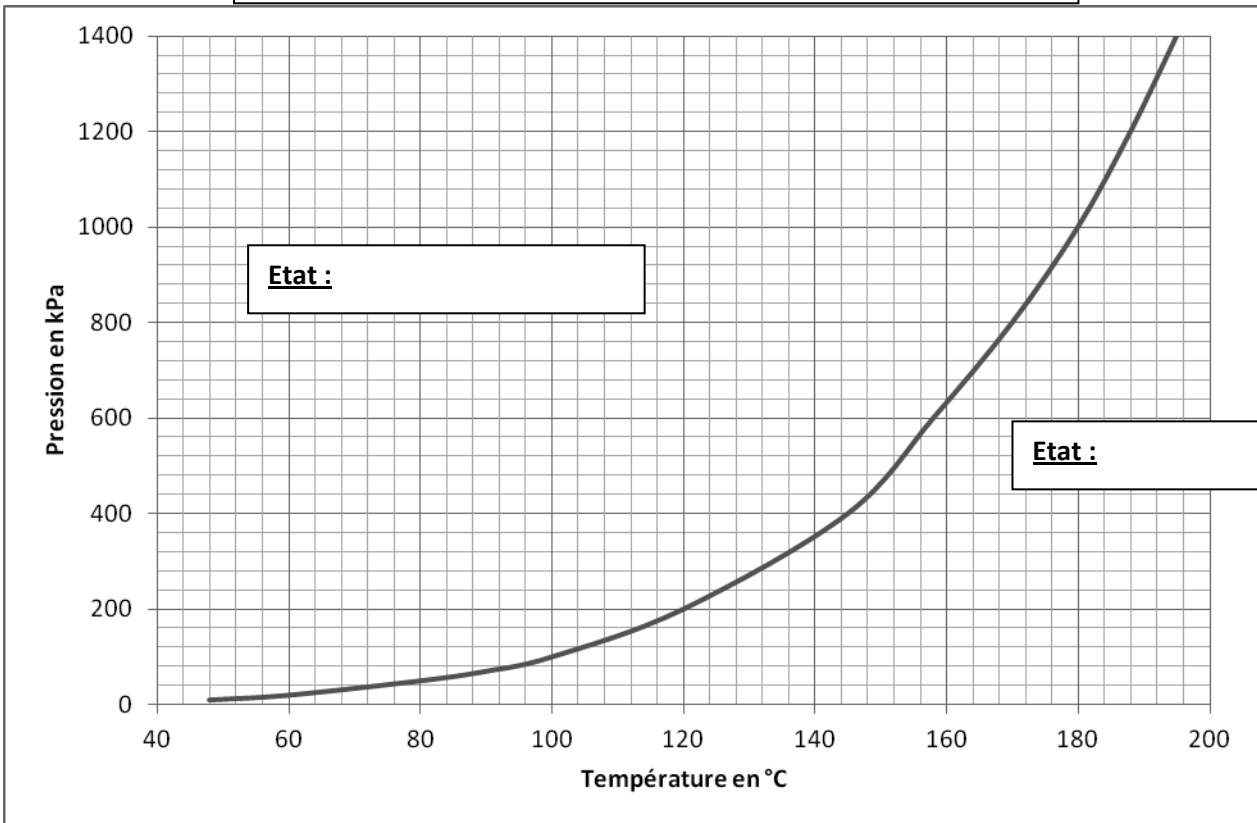
## Question A.2.1



**Document Réponse**  
**(à rendre avec la copie)**

**Question B.1.2**

**Diagramme de phase de l'eau entre 50°C et 190°C**



**Questions C.2.5/C2.6**

**Décroissance radioactive de l'activité de la source de Cs137 du densimètre**

