

Baccalauréat STI2D et STL
spécialité SPCL
Épreuve de physique chimie

Session de juin 2014
en Polynésie

15/06/2014

<http://www.udppc.asso.fr>

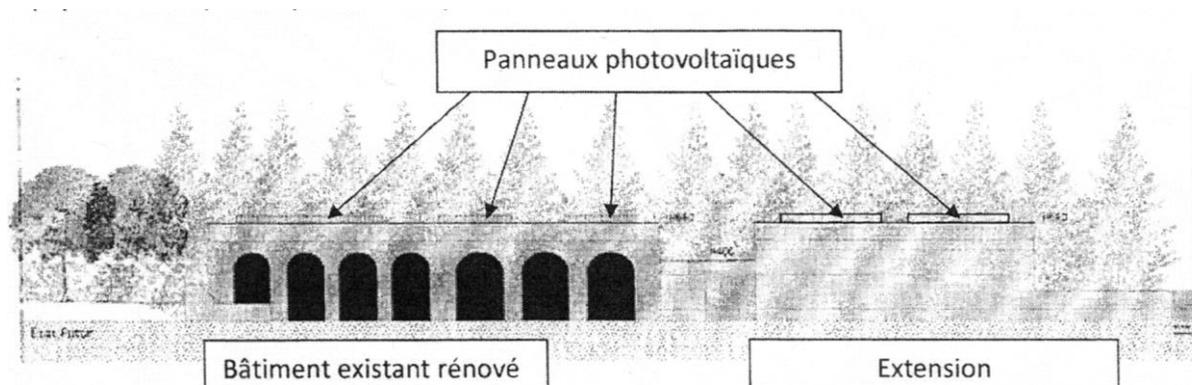
Corrigé

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.

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 checked="" type="checkbox"/> par rayonnement | 2. La particule correspondant au modèle corpusculaire de la lumière est : <input type="checkbox"/> le positon <input checked="" type="checkbox"/> le photon <input type="checkbox"/> l'électron |
|--|--|

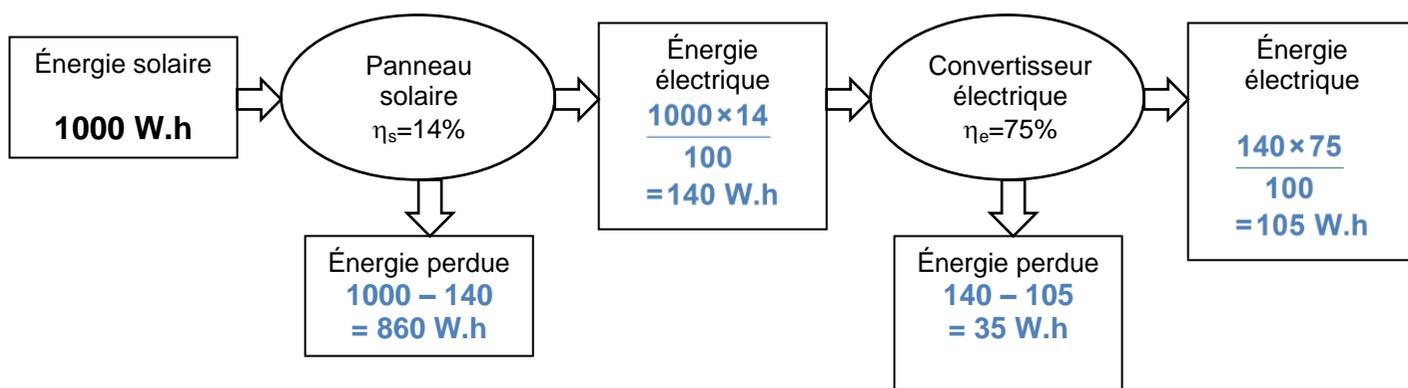
A.1.2 Les panneaux solaires fournissent-ils un courant alternatif ou continu ?

Les panneaux solaires fournissent un courant 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.

Une installation domestique nécessite un courant électrique alternatif, il faut donc un convertisseur continu / alternatif.

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 m² 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 m² de panneaux photovoltaïques installés. On supposera que la nature des panneaux et leur orientation correspondent aux paramètres introduits dans le calculateur.



INES Education - Logiciel CALSOL - Photovoltaïque réseau

Estimation de la production PV injectée dans le réseau



Choix de la ville :

Inclinaison du plan : Orientation du plan :

Puissance crête de l'installation technologie : Si-monocristallin 1kWc pour 7,1 m² 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

Avec 7,1 m² de panneaux solaires, on récupère 1084 kW.h en 1 an.

Donc avec 135 m² de panneaux solaires, on récupère $\frac{135 \times 1084}{7,1} = 20,6 \times 10^3$ kW.h

Soit 20,6 MW.h en 1 an.

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**.

Pour mesurer une tension (U), il faut un voltmètre, pour l'intensité (I), il faut un ampèremètre.

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** ?

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

La tension U est en volt. L'intensité est en milliampère. La puissance est en watt.

Si l'on fait C1*C2, le résultat sera en milliwatt. Pour avoir le résultat en Watt, il faut diviser le produit C1*C2 par 1000.

La réponse correcte est donc la réponse c.

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

Si l'interrupteur est ouvert, le courant ne circule pas ($I = 0A$). On lit la tension à vide dans la case B1 : $V_{Oexp} = 20,82$ V

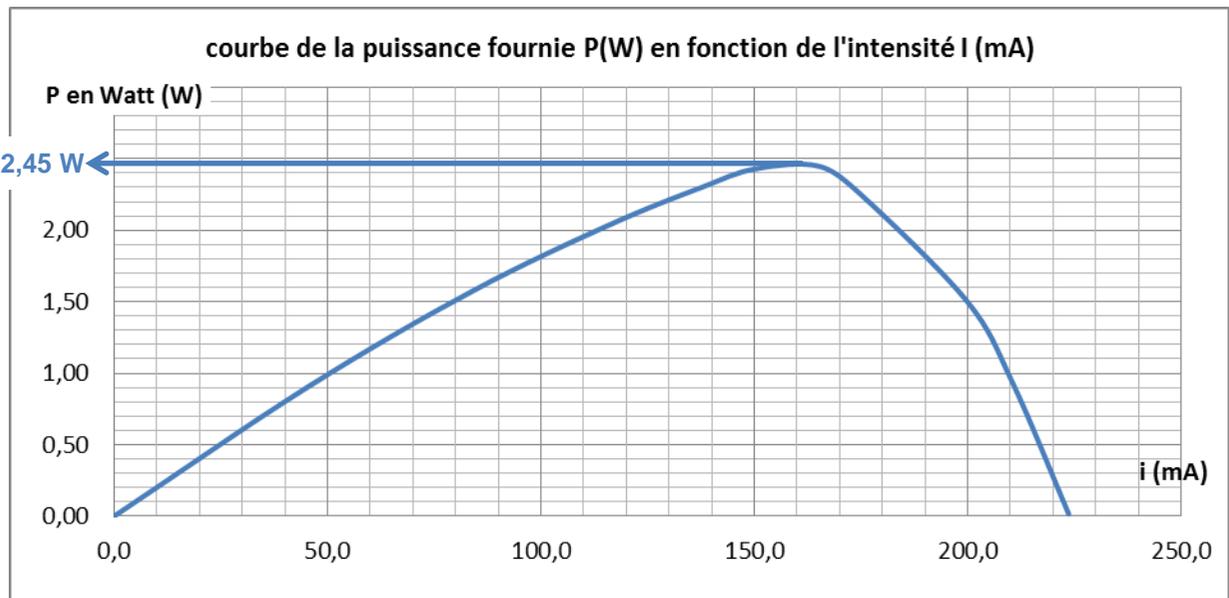
A.2.4 Le courant de court-circuit est mesuré lorsque K est fermé, et pour une valeur de R tendant vers 0Ω . Déterminer la valeur de l'intensité du courant de court-circuit I_{CCexp} expérimentalement obtenue ?

C'est la valeur maximale d'intensité lue sur le graphique : 225 mA

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

(Voir construction ci-dessous).

$$P_{MAXexp} = 2,45$$
 W



On extrait de la documentation du fabricant les caractéristiques suivantes pour une irradiance standard de 1000 W/m².

Puissance maximale (P_{max}): 5 Watts.

Tension à circuit ouvert (V_{oc}) : 21,96 Volts.

Courant en court-circuit (I_{cc}) : 410 mA.

A.2.6 Calculer l'écart relatif :

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{P_{max} - P_{MAXexp}}{P_{max}}$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{P_{max} - P_{MAXexp}}{P_{max}} = \frac{5 - 2,45}{5} = 0,51 = 51\%$$

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

L'écart est trop important pour que l'expérience valide la puissance maximale 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.

Les 2 sources utilisées (soleil et lampe halogène) ont des spectres différents, avec des intensités différentes pour chaque longueur d'onde.

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.

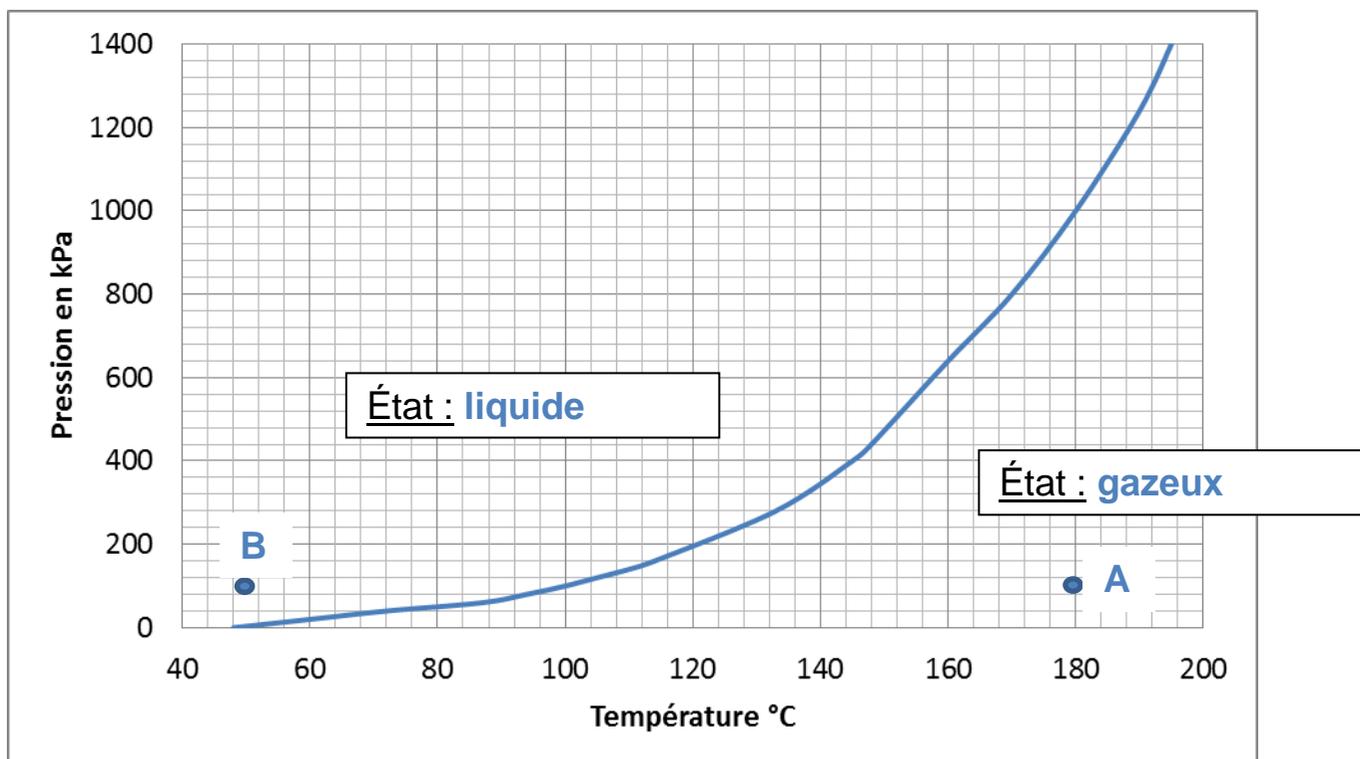
Les fumées sont principalement composées de diazote N_2 , de dioxyde de carbone CO_2 et d'eau H_2O .

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**.

La température des fumées à la sortie de la 2^e zone est de 50°C.

D'après le document B.2, cette température est supérieure aux températures d'ébullition de diazote et du dioxyde de carbone. Ils sont donc à l'état gazeux.

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**.

Voir ci-dessus.

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

On a vu dans les questions précédentes que le diazote et le dioxyde de carbone restaient sous forme gazeuse : seule l'eau est condensée.

B.2. La combustion dans la chaudière

La chaudière étudiée brûle du gaz de ville, gaz que l'on supposera uniquement constitué de méthane, CH₄.

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 CH₄ dans l'air.

L'équation est donnée dans le document B2 :



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

$$n_{\text{CH}_4} = \frac{m_{\text{CH}_4}}{M_{\text{CH}_4}} = \frac{1000}{16} = 62,5 \text{ mol}$$

B.2.3 Dédire des questions précédentes que la masse de vapeur d'eau $m_{\text{H}_2\text{O}}$ formée par la combustion d'1,00 kg de CH₄ est de 2,25 kg.

D'après l'équation de combustion, à partir d'une mole de méthane on forme deux moles d'eau.

$$\text{Donc } n_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times n_{\text{CH}_4} = 125 \text{ mol}$$

$$\text{On a alors } m_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} \times M_{\text{H}_2\text{O}} = 125 \times 18 = 2250 \text{ g soit } 2,25 \text{ kg.}$$

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,

D'après le document B.2 :

- La condensation de 1kg d'eau produit 2260 J, donc la condensation de 2,25 kg d'eau produit $2,25 \times 2260 = 5085 \text{ J}$ soit 5,085 kJ.
- La combustion de 1 kg de méthane produit 50 kJ.

L'énergie libérée par la condensation de l'eau (5 kJ) correspond donc bien à 10% de l'énergie produite par la combustion du méthane.

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 ?

Il provient de la condensation de l'eau, c'est donc une solution essentiellement constituée d'eau.

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

On mesure le pH avec un pHmètre.

On obtient une mesure de pH = 5,2.

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

Le pH étant inférieur à 7 ; la solution est acide.

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

Si l'eau était pure, le pH serait neutre, c'est-à-dire égal à 7. Le pH étant différent, on peut 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 ?

D'après le document B.3.1, le dioxyde de carbone se dissout dans l'eau. Or ce gaz a des propriétés acido-basiques.

D'après le document B.3.2, pour un pH de 5,2, on peut voir que ce sont les espèces CO_2 , H_2O et HCO_3^- qui sont présentes dans le condensat.

B.3.7 Le tartre est essentiellement constitué de carbonate de calcium $\text{CaCO}_3(\text{s})$. En quoi ce pH protège-t-il les tuyaux d'écoulement du condensat, d'un éventuel dépôt de tartre ?

Dans l'eau à pH = 5,2, d'après le diagramme de distribution, la forme CO_3^{2-} n'est pas présente, le tartre CaCO_3 ne peut donc pas se former.

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 δ :

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

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

m_{eau} : masse d'eau contenue dans le volume d'échantillon de sol prélevé
 m_{SS} : masse de sol sec contenue dans le volume d'échantillon de soi 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 ?

L'ébullition de l'eau se fait à 100°C à la pression atmosphérique.

Donc, à 80°C, la vaporisation se fait par évaporation.

C.1.2 Présenter une méthode expérimentale simple permettant de réaliser la mesure de la teneur en eau d'un soi à partir du matériel disponible au laboratoire et d'un échantillon de sol.

On prélève une masse m d'échantillon.

On le place dans l'étuve réglée à 80°C.

On sort régulièrement de l'étuve l'échantillon pour le peser puis on le met à nouveau dans l'étuve jusqu'à ce que sa masse ne varie plus. La masse mesurée alors correspond à m_{SS} (masse de sol sec).

La masse d'eau $m_{\text{eau}} = m - m_{\text{SS}}$

C.1.3 Après lecture du **document C.1 page 12/14**, donner deux avantages à l'utilisation d'un densimètre nucléaire.

Les densimètres nucléaires permettent des mesures rapides, précises et renouvelables.

Les densimètres donnent également la teneur en humidité.

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.

| Noyau | Nombre de protons | Nombre de neutrons |
|------------|-------------------|--------------------|
| césium 137 | 55 | $137 - 55 = 82$ |
| baryum 137 | 56 | $137 - 56 = 81$ |

C.2.2 Définir l'isotopie. Le césium 137 et le baryum 137 sont-ils des isotopes ?

Deux noyaux sont isotopes s'ils ont le même nombre de protons, mais pas le même nombre de neutrons.

Le césium et le baryum ne sont donc pas des isotopes.

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



La particule émise est une particule β^- , c'est-à-dire un électron.

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 rayonnement β^- s'accompagne d'une émission de photons gamma. Les rayonnements émis sont donc des rayons gamma.

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.

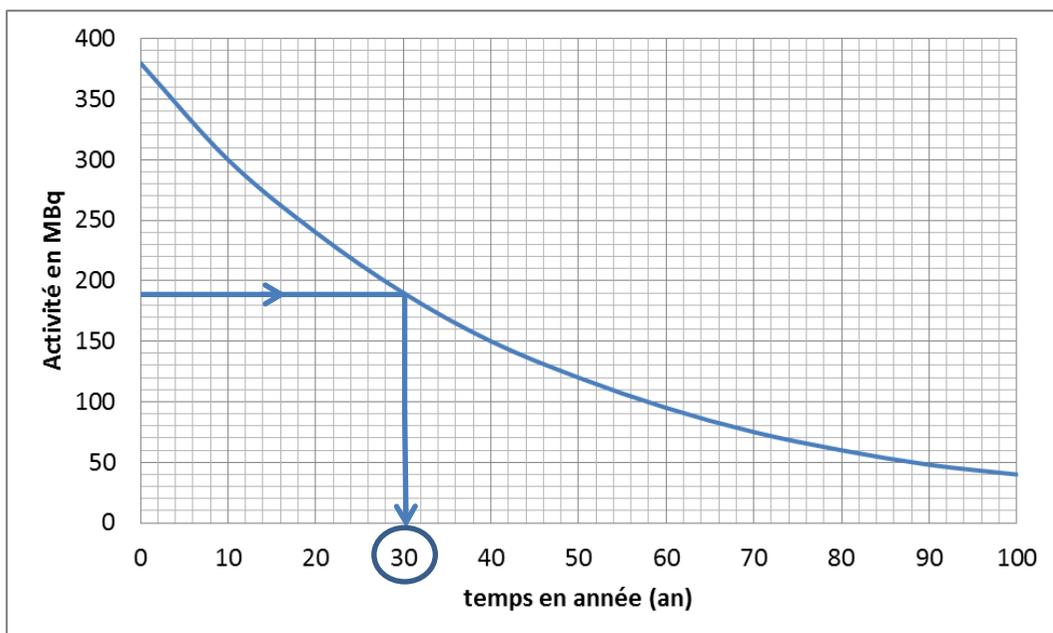
On rappelle que la « période radioactive » (ou demi-vie) $T_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle le nombre de noyaux radioactifs présents dans l'échantillon est réduit de moitié.

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 /C2.6 page 14/14**.

La demi-vie radioactive correspond au temps au bout duquel l'activité est divisée par deux.

L'activité initiale est de 380 MBq, donc au bout de $T_{1/2}$ l'activité vaut $380/2 = 190$ MBq.

On a donc $T_{1/2} = 30$ ans.



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

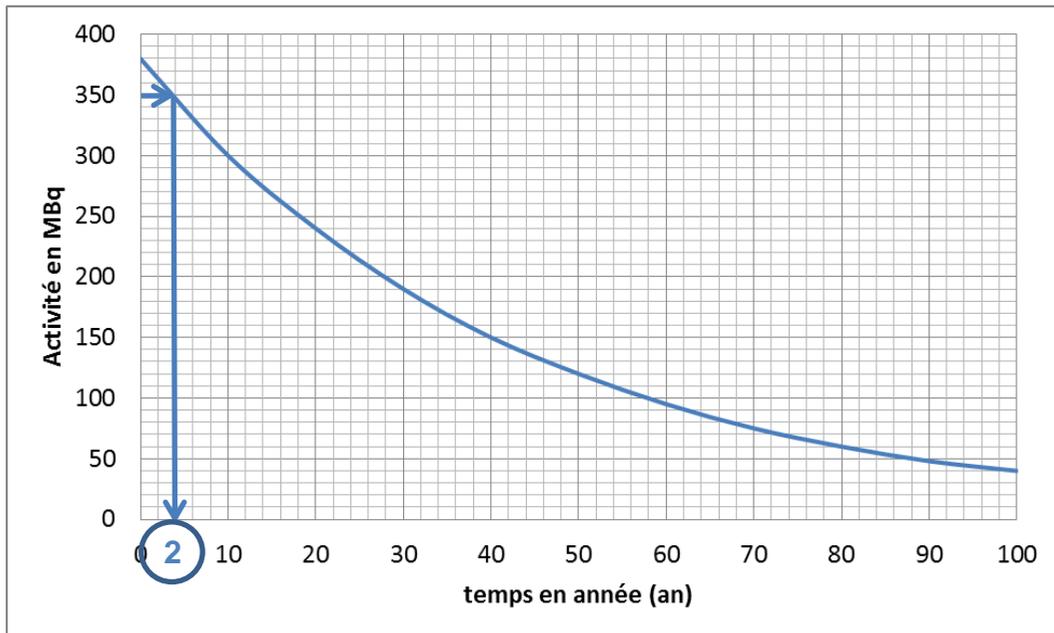
C.2.6 Estimer graphiquement la durée entre deux étalonnages de cet appareil. Vous ferez clairement

apparaître le tracé sur le **document réponse C.2.5 /C.2.6 page 14/14.**

L'activité initiale est de 380 MBq.

Quand la source a perdu 10% de son activité, celle-ci vaut donc $380 - \frac{380 \times 10}{100} = 342 \text{ MBq}$.

C'est-à-dire au bout d'environ 2 ans.



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 ?

D'après le document, il faut :

- Former le personnel à l'utilisation du densimètre.
- Faire une demande d'autorisation d'utilisation auprès du préfet.
- Calibrer l'appareil (tous les 2 ans environ d'après la question précédente) et en fonction du site où il sera utilisé.