

EXERCICE I

L'industrie agroalimentaire utilise souvent la vapeur d'eau pour dégraisser, nettoyer ou désinfecter. On souhaite produire de la vapeur d'eau à 180 °C sous une pression de 5 bar. Pour cela, on amène de l'eau liquide à 20 °C dans une cuve à 180 °C où règne une pression constante de 5 bar. La source d'énergie utilisée est le méthane CH₄.

Données :

Masse volumique de l'eau liquide $\rho = 1,00 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$

Capacité thermique massique de l'eau liquide $C_{\text{eau(l)}} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Capacité thermique massique de la vapeur d'eau à la pression de 5 bar $C_{\text{eau(v)}} = 2,01 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Capacité thermique massique de l'eau solide $C_{\text{eau(s)}} = 2,06 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Chaleur latente de vaporisation de l'eau à la température θ_{eb} $L_{\text{vap}} = 2100 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Chaleur latente de fusion de l'eau $L_{\text{fus}} = 314 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

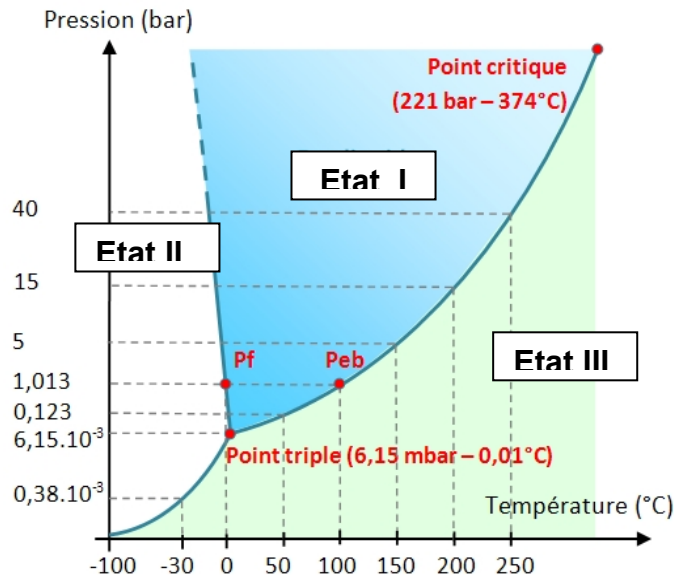
Masse molaire : $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{CH}_4) = 16 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Les calculs suivants seront effectués pour un système constitué d'une masse $m = 1 \text{ kg}$ d'eau.

I-1- Calculer le nombre de moles présentes dans le système.

I-2- Donner l'unité de la constante R des gaz parfait. (On rappelle que la relation des gaz parfait s'écrit $pV = nRT$ avec $R = 8,314 \text{ SI}$)

I-3- En faisant l'hypothèse que la vapeur d'eau se comporte comme un gaz parfait, quel volume occupe 1 kg de vapeur d'eau dans les conditions ($p = 5 \text{ bar}$, $\theta_2 = 180 \text{ °C}$) ?



I-4- Sur le diagramme (p , θ) de l'eau ci-dessus, à quoi correspondent les 3 états de la matière I, II et III.

Dans la cuve, le système évolue d'un état A ($p = 5 \text{ bar}$, $\theta_1 = 20 \text{ °C}$) jusqu'à un état B ($p = 5 \text{ bar}$, $\theta_2 = 180 \text{ °C}$).

I-5- A quelle température θ_{eb} aura lieu l'ébullition de l'eau dans la cuve ?

I-6- Donner l'expression de l'énergie Q_1 nécessaire au chauffage du système de θ_1 jusqu'à θ_{eb} . Calculer Q_1 .

I-7- Calculer l'énergie Q_2 nécessaire à l'évaporation du système.

I-8- Calculer l'énergie Q_3 nécessaire au chauffage du système de θ_{eb} jusqu'à θ_2 .

I-9- Calculer l'énergie thermique nécessaire pour passer le système de l'état A à l'état B.

I-10- Compléter la chaîne énergétique du document réponse

I-11- En pratique, on mesure une consommation de 4030 kJ. En déduire le rendement thermique de ce processus de chauffage.

I-12- La combustion d'une mole de méthane libère une énergie de 803 kJ dans les conditions de l'expérience.

Quelle masse de méthane faudrait-il utiliser pour produire 1 kg de vapeur ?

I-13- Donner les noms des produits de la combustion complète du méthane dans le dioxygène de l'air. En déduire l'équation bilan équilibrée de cette réaction.

I-14- Quelle est la masse de dioxygène nécessaire à cette combustion ?

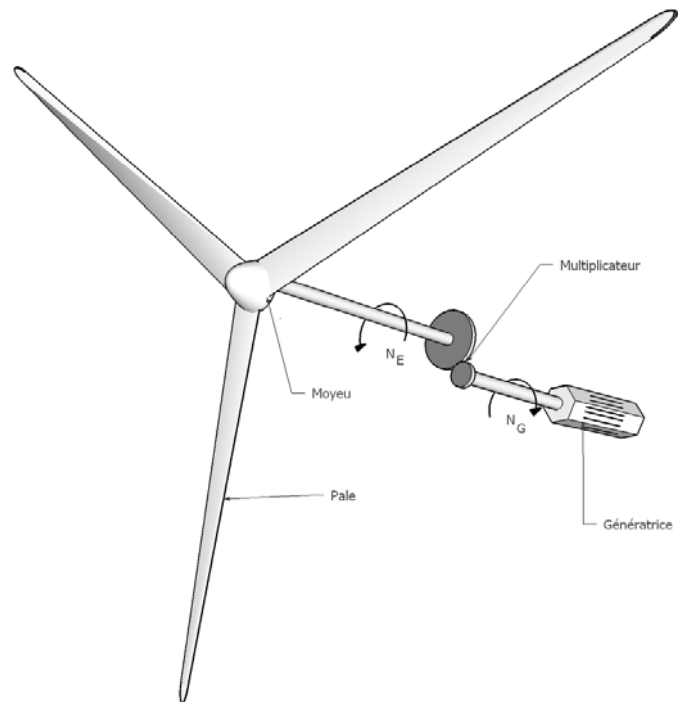
REPONSES A L'EXERCICE I

I-1- Nombre : $n = 55.6$ moles	I-2- Unité de R : $J.mol^{-1}.K^{-1}$ ou $Pa.m^3.mol^{-1}.K^{-1}$	
I-3- Volume : $V = 0.42 m^3$		
I-4- Etat I : Liquide	Etat II : Solide	Etat III : gaz
I-5- Température : $\theta_{eb} = 150$ °C		
I-6- Energie Expr. litt. : $Q_1 = m C_{eau(l)} (\theta_{eb} - \theta_1)$ Appl. Num. : $Q_1 = 543$ kJ		
I-7- $Q_2 = 2100$ kJ	I-8- $Q_3 = 60$ kJ	I-9- $Q_{AB} = 2703$ kJ
I-10- Energie Chimique → Combustion du méthane → Energie Thermique		
I-11- Rendement : $\eta = 67$ %	I-12- masse : $m_{méthane} = 80$ g	
I-13- Produits : eau et dioxyde de carbone Equation bilan : $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$		
I-14- masse : $m_{dioxygène} = (2 n_{méthane}) M_{dioxygène} = 320$ g		

EXERCICE II

On envisage l'étude d'un aérogénérateur composé :

- d'une éolienne comportant trois pâles de longueur $L = 38 \text{ m}$ (fixées sur un moyeu (de diamètre négligeable par rapport à L),
- d'un multiplicateur planétaire permet d'accroître la vitesse de rotation de l'arbre de l'éolienne N_E pour l'adapter à celle de la génératrice N_G ,
- d'une génératrice électrique asynchrone.



II-1- Compléter la chaîne énergétique illustrant la conversion d'énergie en portant sur les flèches le type d'énergie impliqué (mécanique, électrique, chaleur).

II-2- Déterminer l'expression littérale et la valeur numérique de la surface S balayée par les pâles en rotation.

II-3- On assimile l'air à un fluide incompressible de densité $\rho = 1,22 \text{ kg.m}^{-3}$ se déplaçant à une vitesse $V = 10 \text{ m.s}^{-1}$ sous l'effet du vent. La masse d'air m_A traversant la surface S pendant un intervalle de temps Δt est égale à $m_A = S \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta t$. Contrôler la validité de cette expression grâce à l'analyse dimensionnelle.

II-4- Donner l'expression de l'énergie cinétique E_A portée par la masse d'air m_A lors de la traversée des pâles.

II-5- Dédire de la question précédente l'expression de la puissance associée en fonction de V, S et ρ . Calculer P_A .

II-6- La puissance mécanique exploitable par l'éolienne est mesurée à $P_M = 1328 \text{ kW}$. Elle est inférieure à la puissance P_A . Expliquer l'origine physique de cette perte d'énergie et déterminer le rendement de la conversion d'énergie mécanique par l'éolienne noté η_E .

II-7- Le rendement énergétique du multiplicateur étant $\eta_M = 80\%$, et celui de la génératrice de $\eta_G = 95\%$. Déterminer la puissance P_G récupérée en sortie de génératrice.

II-8- Le coefficient de vitesse spécifique λ d'une l'éolienne est défini comme le rapport entre la vitesse de l'extrémité d'une pale et la vitesse du vent. En déduire la relation entre la vitesse de rotation de l'éolienne N_E (en tr/min) et celle du vent V (en $m.s^{-1}$).

II-9- L'éolienne étudiée possède un $\lambda=7,46$. En déduire N_E (en *tr/min*). Quel doit être alors le rapport de multiplication $k = N_G/N_E$ pour obtenir une vitesse $N_G=1500$ *tr/min* ?

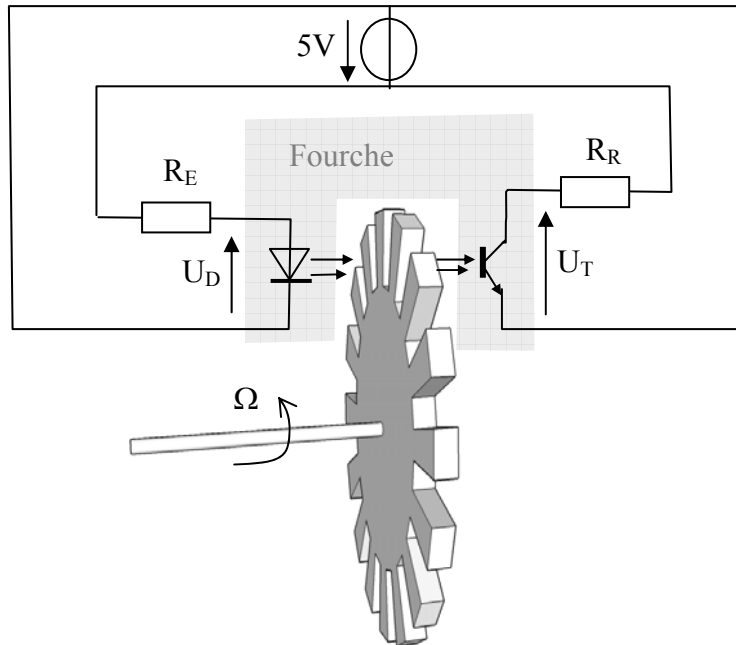
II-10- Enumérer les deux principaux avantages et inconvénients de la production éolienne d'électricité.

REPONSES A L'EXERCICE II

<p>II-1-</p>	
<p>II-2- Expr. litt. : $S = \pi L^2$</p>	<p>Appl. Num. : $S = 4,54 * 10^3 m^2$</p>
<p>II-3- $m_A = S \cdot \rho \cdot V \cdot \Delta t$</p> <p style="text-align: center;"> \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow kg $m^2 * kg.m^{-3} * m.s^{-1} * s$ </p>	<p>II-4- Energie cinétique :</p> <p>$E_A = \frac{1}{2} m_A V^2$</p>
<p>II-5- Expr. litt. : $P_A = \frac{1}{2} S \cdot \rho \cdot V^3$</p>	<p>Appl. Num. : $P_A = 2,77 MW$</p>
<p>II-6- Explication :</p> <p>L'écoulement de l'air n'est pas arrêté par l'éolienne mais seulement freiné par celle-ci ; il conserve donc une certaine énergie cinétique en sortie de l'éolienne.</p>	<p>Rendement : $\eta_E = 48 \%$</p>
<p>II-7- $P_G = 1009 kW$</p>	<p>II-8- $N_E = \frac{60 \lambda V}{2\pi L}$</p>
<p>II-9- $N_E = 18,7 tr/min$</p>	<p>$k = 80$</p>
<p>II-10- Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> Energie renouvelable Energie non carbonée Développement local 	<p>Inconvénients :</p> <ul style="list-style-type: none"> Energie intermittente Contraintes d'installation (bruit, visuel, radar...)

EXERCICE III

Une fourche optique est un capteur constituée d'un dispositif d'émission de lumière infrarouge (LED) et de réception (phototransistor) placés en vis à vis. Une roue dentée ($N = 30$ dents) solidaire de l'arbre moteur est partiellement insérée dans la fourche optique (cf figure ci-dessous).



III-1- Quelles sont les grandeurs d'entrée et de sortie de la fourche optique ?

III-2- Comment qualifier ce capteur ?

III-3- La tension aux bornes de la LED est $U_D = 1,2$ V. Déterminer la valeur de R_E permettant l'établissement un courant d'intensité 10 mA dans le circuit d'émission de lumière.

On considère que le phototransistor fonctionne comme un interrupteur :

- fermé quand il reçoit de la lumière
- ouvert quand il ne reçoit pas de lumière

III-4- Donner la valeur de la tension U_T lorsque le phototransistor reçoit et ne reçoit pas le faisceau de lumière infrarouge.

III-5- Expliquer quelle est la fonction de la résistance R_R dans le circuit de réception ?

III-6- En considérant la vitesse de rotation de la roue constante pendant un tour, justifier le caractère périodique de U_T .

III-7- Exprimer la période T (en s) de U_T en fonction de Ω , vitesse de rotation du moteur (exprimée en *tr/mn*) et de N .

On souhaite utiliser le système précédant pour effectuer la mesure de la vitesse de rotation Ω . Le signal U_T est envoyé sur un dispositif électronique (non représentée sur la figure) qui génère une tension U_m sous la forme d'une impulsion positive d'amplitude 5 V et de durée $\tau \leq T$ sur chaque front montant de U_T .

III-8- Sur le document réponse où est déjà représenté le signal U_T , tracer l'évolution de la tension de sortie du monostable U_m au cours du temps.

III-9- Soit $\Omega_{max}=6000 \text{ tr/min}$ la vitesse maximale du moteur, déterminer la contrainte sur τ pour pouvoir effectuer la mesure.

III-10- Etablir l'expression de la valeur moyenne de la tension U_m sous la forme $\langle U_m \rangle = K.\Omega$. Déterminer l'expression littérale puis la valeur numérique de K assortie d'une unité avec $\tau = 100 \mu\text{s}$.

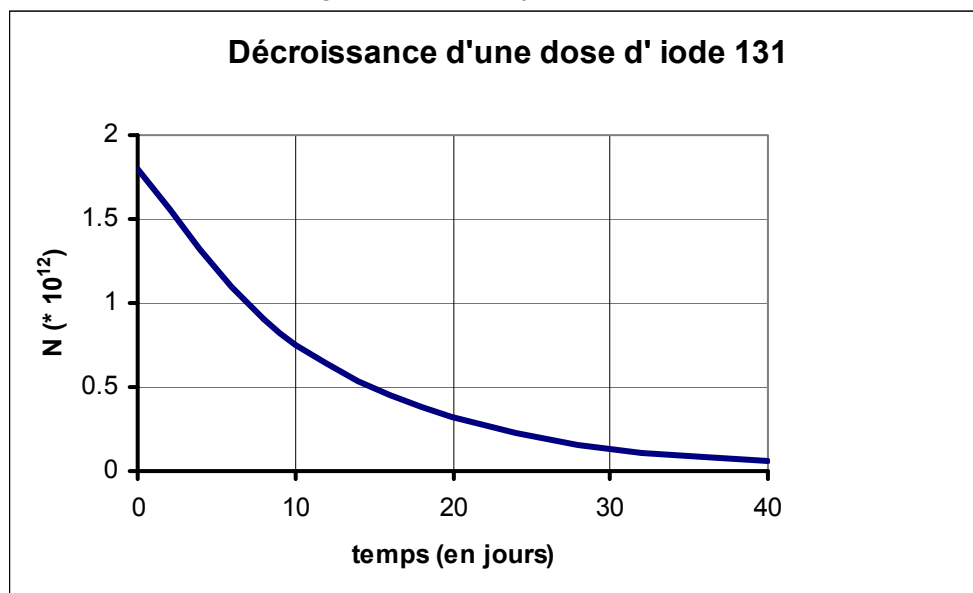
REPONSES A L'EXERCICE III

III-1-	Grandeur d'entrée : Position	Grandeur de sortie : Tension
III-2-	Domaine :	(cocher la ou les réponses exactes)
	<input checked="" type="checkbox"/> Actif <input type="checkbox"/> Passif <input type="checkbox"/> Analogique <input type="checkbox"/> Numérique <input checked="" type="checkbox"/> TOR (Tout Ou Rien)	
III-3-	Résistance : $R_E = 380 \Omega$	
III-4-	Lumière reçue : $U_T = 0 \text{ V}$	Lumière non reçue : $U_T = 5 \text{ V}$
III-5-	Fonction de R_R : Limiter le courant dans le transistor quand ce dernier est fermé.	
III-6-	Justification : Le faisceau entre la LED et le phototransistor est périodiquement occulté au rythme du défilement régulier des dents.	
III-7-	Période : $T = 60 / (N.\Omega)$	
III-8-		
III-9-	Contrainte : $\tau \leq 333 \mu\text{s}$	
III-10-	Expr. litt. : $K = \tau.N/12$	Appl. Num. : $K = 250 \cdot 10^{-6} \text{ V.min}$

EXERCICE IV

Après usage dans les hôpitaux, les produits radioactifs doivent être collectés. Selon la réglementation, leur traitement est effectué au sein de l'hôpital si la valeur de leur période radioactive, ou temps de demi-vie, $t_{1/2}$ est inférieure à 71 jours. Au-delà, ils doivent être confiés à un organisme spécialisé dans le traitement des déchets.

La figure 1 ci-dessous représente l'évolution temporelle d'une dose d'iode 131 utilisée en médecine pour l'examen par scintigraphie de la thyroïde.



Le nombre de noyaux évolue en suivant une loi de décroissance exponentielle : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$ où N_0 est le nombre de noyaux à l'instant initial et λ la constante radioactive.

VI-1- En utilisant la figure 1, déterminer la valeur du temps de demi-vie $t_{1/2}$ de l'échantillon l'iode 131 ainsi que le nombre initial de noyaux radioactifs N_0 .

VI-2- Démontrer que $\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$. En déduire la valeur de λ dans le système d'unité international.

VI-3- Donner l'unité de l'activité radioactive. Calculer l'activité moyenne de cet échantillon entre 0 et 10 jours.

VI-4- Combien restera-t-il d'atomes d'iode radioactifs au bout d'une durée de 71 jours ?

VI-5- L'échantillon d'iode peut-il être retraité dans l'hôpital ou doit-il être retraité par un intervenant extérieur ? Justifier.

La réaction de désintégration majoritaire de l'iode 131 s'écrit ${}^{131}_{53}\text{I} \rightarrow {}^{131}_{54}\text{Xe}^* + {}^0_{-1}\text{e}$

VI-6- Préciser la composition du noyau de l'iode 131.

VI-7- Parmi les noyaux proposés dans le document réponse, sélectionner le ou les isotopes de l'iode 131.

VI-8- La désintégration de iode 131 est-elle de type α , β^- , β^+ ou γ ?

Le Xénon produit n'est pas stable, sa réaction de désexcitation s'écrit $\text{Xe}^* \rightarrow \text{Xe} + \gamma$

VI-9- Quelle est la nature de la particule γ ?

VI-10- Préciser le numéro atomique Z et le nombre de masse A du noyau de Xénon obtenu après la réaction de désexcitation

REPONSES A L'EXERCICE IV

IV-1-	Temps de demi-vie $t_{1/2} = 8,0$ jours	Nombre $N_0 = 1,8 \cdot 10^{12}$
IV-2-	Démonstration : Lorsque $t = t_{1/2}$, on a $N = \frac{1}{2} N_0$ d'où $e^{-\lambda t} = \frac{1}{2}$ donc $-\lambda \cdot t_{1/2} = \ln\left(\frac{1}{2}\right)$ $\lambda = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$ donc $\lambda = 1,00 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$	
IV-3-	Unité de l'activité : Bequerel	$A = 1,3 \text{ MBq}$
IV-4-	N (71 jours) = $3,9 \cdot 10^9$ atomes	
IV-5-	Lieu de retraitement : Hôpital Explication : La durée de demi-vie est inférieure à 71 jours.	
IV-6-	Composition Proton : 53 Neutron : 78 Nucléon : 131	
IV-7-	Isotope : <i>(cocher la ou les réponses exactes)</i> <input type="checkbox"/> $^{133}_{55}\text{Cs}$ <input type="checkbox"/> $^{131}_{54}\text{Xe}$ <input type="checkbox"/> $^{132}_{54}\text{Xe}$ <input type="checkbox"/> $^{134}_{54}\text{Xe}$ <input checked="" type="checkbox"/> $^{123}_{53}\text{I}$ <input checked="" type="checkbox"/> $^{127}_{53}\text{I}$	
IV-8-	Type : β^-	
IV-9-	Nature : photon ou onde électromagnétique de haute énergie	
IV-10-	Numéro atomique Z = 54	Nombre de masse A = 131