

Pb n°1 : d'après CCINP PSI 2022

Q28. La réaction de combustion totale du méthane s'écrit : $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Pour une mole de dioxyde de carbone rejeté, on a une énergie thermique dégagée $Q_{\text{met}} = 803 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

La réaction de combustion totale du fuel s'écrit : $\text{C}_{16}\text{H}_{34} + \frac{49}{2} \text{O}_2 = 16\text{CO}_2 + 17\text{H}_2\text{O}$.

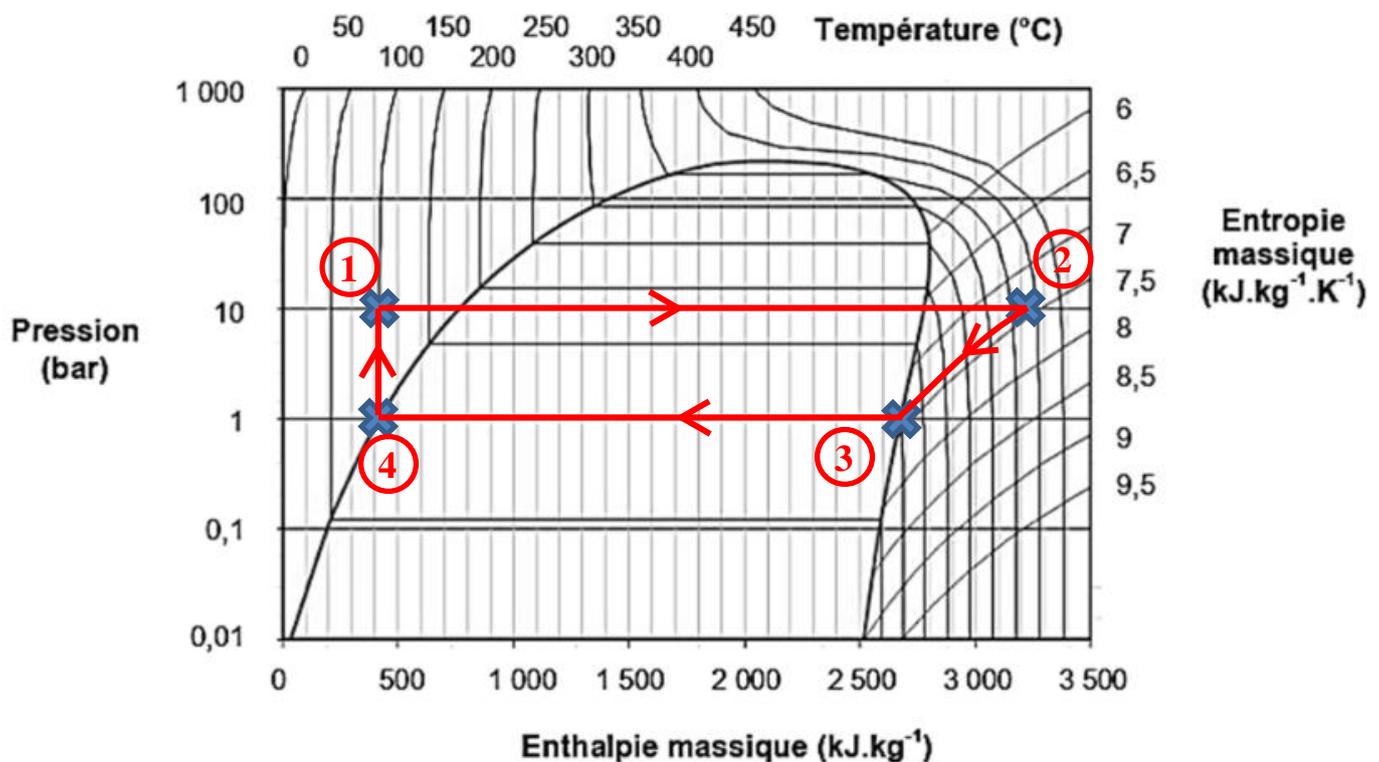
Pour une mole de dioxyde de carbone rejeté, on a une énergie thermique dégagée $Q_{\text{fuel}} = \frac{7600}{16} = 475 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

Conclusion : pour une même quantité de dioxyde de carbone rejeté, le méthane dégage plus d'énergie thermique. C'est bien conforme à l'énoncé : pour une même énergie dégagée, la combustion du méthane libère moins de CO_2 .

Q29. On reporte déjà les points 1 et 4, qui sont bien définis dans le tableau 1.

Puis on place le point 3, dont le tableau 1 donne la pression, et qui se trouve sur la courbe de rosée (vapeur saturante).

Le point 2 se déduit du point 3 par un chemin adiabatique et réversible, donc isentropique : on emprunte un chemin proche (et parallèle) de celui de l'isentrope de $7 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Et le point 2 a sa pression imposée par le tableau 1.



Grâce à ce dessin on peut compléter le tableau 1 :

	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4
T (°C)	≈ 100	370	100	100
P (bar)	10	10	1	1
h (kJ.kg ⁻¹)	400	3220	2680	400
État	Liquide	Vapeur sèche	Vapeur saturante (x _v = 1)	Liquide saturé (x _v = 0)

Tableau 1 - Grandeurs thermodynamiques de l'eau dans le cycle de la **figure 6**

Q30. Travail massique utile de la turbine :

Tout d'abord une remarque : la grandeur recherchée n'est pas très clairement définie dans l'énoncé ; est-ce le travail massique reçu par l'eau de la part de la turbine (auquel cas c'est une quantité négative), ou bien est-ce celui reçu par la turbine de la part de l'eau (donc une quantité positive). Puisque le terme « travail indiqué » est utilisé, il s'agit vraisemblablement d'une grandeur positive. Donc attention à l'écriture du premier principe industriel.

On applique le premier principe industriel entre l'entrée et la sortie de la turbine :

$(h_3 - h_2) = (-w_{iT}) + q_T = (-w_{iT})$ puisque l'évolution dans la turbine est supposée adiabatique.

D'où $w_{iT} = h_2 - h_3$.

Transfert thermique massique fourni par le générateur de vapeur (à l'eau, donc reçu par l'eau) : on applique le premier principe industriel entre l'entrée et la sortie du générateur de vapeur : $(h_2 - h_1) = w_{iGV} + q_{GV} = q_{GV}$ puisqu'il n'y a aucune pièce mécanique mobile dans le générateur de vapeur.

D'où $q_{GV} = h_2 - h_1$.

Transfert thermique massique récupéré par le circuit secondaire associé au condenseur : là, c'est clairement défini, c'est la grandeur massique non pas reçue mais fournie par l'eau. On applique le premier principe industriel entre l'entrée et la sortie du condenseur : $(h_4 - h_3) = w_{iCond} + (-q_{Cond}) = -q_{Cond}$ puisqu'il n'y a aucune pièce mécanique mobile dans le condenseur.

D'où $q_{Cond} = h_3 - h_4$.

Numériquement, $w_{iT} = 540 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, $q_{GV} = 2820 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ et $q_{Cond} = 2280 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

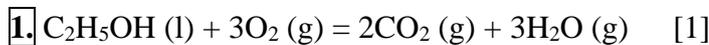
La machine étant un moteur, le rendement est défini par $\eta = \frac{w_{iT}}{q_{GV}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$.

Q31. Puisque le rendement de l'alternateur est supposé de 100%, et puisqu'on néglige les pertes mécaniques par frottements dans la turbine, la puissance électrique fournie par l'alternateur est égale à la puissance mécanique reçue par la turbine de la part de l'eau.

Le premier principe industriel, version puissance, appliqué entre l'entrée et la sortie de la turbine, donne donc (avec les mêmes raisons qu'en Q30 pour le signe -) : $D_{m1}(h_3 - h_2) = -P_{elec} + 0$.

D'où $D_{m1} = \frac{P_{elec}}{h_2 - h_3} = 0,46 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$.

Problème 2 : d'après CCP MP



2. $\Delta_{r,1}H^\circ_{(25^\circ\text{C})} = 2\Delta_f H^\circ_{\text{CO}_2(\text{g})} + 3\Delta_f H^\circ_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})} - \Delta_f H^\circ_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})} - 3\Delta_f H^\circ_{\text{O}_2(\text{g})}$.

A.N. : $\Delta_{r,1}H^\circ_{(25^\circ\text{C})} = -1\,236 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

3. Transformation monotherme et monobare $\Rightarrow \text{PCI} = |Q| = |\Delta H| = |\Delta_{r,1}H^\circ_{(25^\circ\text{C})} \cdot \xi|$ avec $\xi = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{M_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}$.

A.N. : $\text{PCI} = 2,68 \cdot 10^4 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

4-1. Puisque la réaction est totale, l'avancement final est réaction totale ; $\xi_f = 4 \text{ mol}$.

	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$	+	$3 \text{ O}_2(\text{g})$	=	$2 \text{ CO}_2(\text{g})$	+	$3 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$		$\text{N}_2(\text{g})$
état initial	4		21						79
état final	0		$21 - 3 \cdot 4 = 9$		8		12		79

4-2. $\Delta_{r,1}H^\circ_{(25^\circ\text{C})} \xi_f + [9c_p(\text{O}_2, \text{g}) + 8c_p(\text{CO}_2, \text{g}) + 12c_p(\text{H}_2\text{O}, \text{g}) + 79c_p(\text{N}_2, \text{g})] [T_1 - 298,15] = 0$.

A.N. : $T_1 = 1\,784 \text{ K}$.

Problème n°3 d'après CCP PSI

PARTIE 1. FABRICATION D'UN SIGNAL MODULÉ EN AMPLITUDE

Généralités sur la modulation d'amplitude

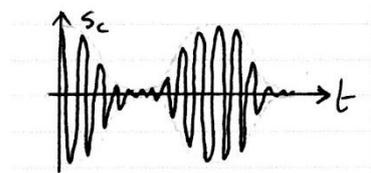
- 1.1) Le domaine audible s'étend environ de 20Hz à 20 kHz. Dans l'air, la célérité de l'onde transmise par voie hertzienne est environ $3 \cdot 10^8$ m/s.
- 1.2) Il est nécessaire de moduler pour :
 - Déplacer le spectre des signaux vers les hautes fréquences et ainsi utiliser des antennes de taille raisonnable.
 - Partager les bandes de fréquences entre les utilisateurs.
 - Exploiter au mieux les « fenêtres de transmission » dans l'atmosphère.

1.3)

1.3.a) On a $S_{max} = S_0(1 + m)$ et $S_{min} = S_0(1 - m)$. Il vient $m = \frac{S_{max} - S_{min}}{S_{max} + S_{min}}$

1.3.b) Graphiquement, $m_a = \frac{1,5 - 0,5}{1,5 + 0,5} = 0,5$ et $m_b = \frac{3 + 1}{3 - 1} = 2$.

1.3.c) Cas $m = 1$:



PARTIE 2. DÉMODULATION D'AMPLITUDE

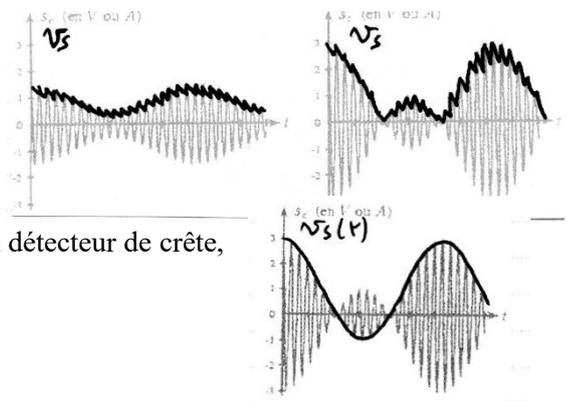
Démodulation par détection d'enveloppe (à l'aide d'une diode)

2.1) Pour obtenir $V_s(t) \approx V_0(1 + m \cos(\omega t))$, il faut ne garder que l'enveloppe du dessus du signal. Il faut donc qu'entre deux crêtes du signal rapide, le condensateur n'ait quasiment pas le temps de se décharger dans la résistance. Il faut donc $\tau \gg T$.

2.2)

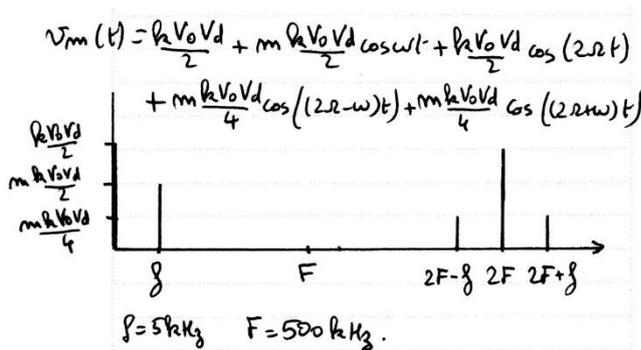
2.2.a) Voir ci-contre.

2.2.b) La démodulation par détecteur de crête ne fonctionne pas dans le cas de droite car le taux de modulation est supérieur à 1. Le signal correctement démodulé serait celui en trait gras de la figure ci-contre. Pour utiliser un détecteur de crête, il faut $m < 1$.



Démodulation synchrone (à l'aide d'un multiplieur)

2.3) Spectre en amplitude du signal $v_m(t)$:



Avec $V_0 = V_d$

2.4)

2.4.a) Il faut un filtre passe-bas pour garder la fréquence f (et éventuellement la composante continue), donc le filtre de gauche sur le document en annexe.

2.4.b) La cassure du diagramme de Bode du gain est située à 20 kHz, ce que confirme le diagramme de phase.

2.5)

2.5.a) On a vu que $m = 2$ et $S_0(1 + m) = 3$, d'où $S_0 = V_0 = 1,0$ V. Si la fréquence de coupure du filtre est bien choisie, $v_s(t) \approx \frac{H_0 k_0 V_0 V_d}{2} (1 + m \cos(\omega t))$.

2.5.b) L'allure de $v_s(t)$ est celle donnée plus haut (question 2.2)

2.5.c) La démodulation synchrone a pour avantage par rapport à celle à diode, d'être encore valable pour $m > 1$.

2.6)

2.6.a) Compte tenu du graphe, à 100kHz, le gain (qui vaut 50 dB en valeur absolue), vaut -50 dB. Donc sur le graphe de l'anexe, une division verticale correspond à un écart de 20 dB. Il vient $|H_0| = 10$. Mais comme la phase vaut π aux basses fréquences, H_0 est négatif. Il vient $\boxed{H_0 = -10}$.

2.6.b) Attention, au dénominateur de la fonction de transfert, on a $1 + \left(\frac{j\omega}{\omega_c}\right)^n$ et non pas $\left(1 + \frac{j\omega}{\omega_c}\right)^n$. En haute fréquence, la fonction de transfert complexe a pour équivalent mathématique : $\frac{H_0 \omega_c^n}{(j\omega)^n}$. Donc le gain en décibels présente une pente de $-20n$ dB/décade. Or, de 20 kHz à 200 kHz, le gain chute de 100 dB. On en déduit $\boxed{n=5}$.

2.7.a) En assimilant le haut-parleur à une résistance R_0 , on peut dire que l'ensemble formé du condensateur et du haut-parleur forme un filtre passe-haut d'ordre 1. Il a pour but d'éliminer la composante continue $\frac{H_0 k V_0 V_d}{2}$.

2.7.b) $v_s'(t)$ a maintenant l'allure du signal modulant, c'est-à-dire une sinusoïde de pulsation ω et de valeur moyenne nulle.