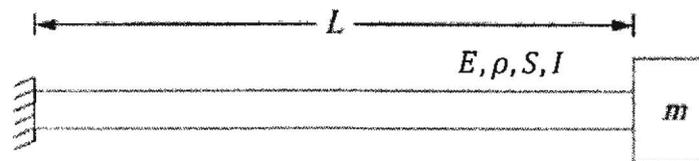


CONTROLE

Exercice 1

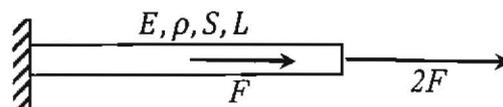
- 1- Déterminer l'équation caractéristique de la poutre en vibrations transversales représentée sur la figure ci-dessous.



- 2- En utilisant la méthode de Rayleigh, calculer une valeur approchée de la pulsation propre fondamentale. On donne la fonction de déplacement : $W(x) = 3 \frac{x^2}{L^2} - \frac{x^3}{L^3}$.
- 3- A partir de l'équation caractéristique obtenue dans 1-, déduire celle d'une poutre encastree-libre (E-L) et trouver sa pulsation fondamentale exacte.
- 4- En utilisant le résultat obtenu dans 2-, calculer une valeur approchée de cette pulsation fondamentale puis, calculer l'erreur relative ainsi commise.

Exercice 2

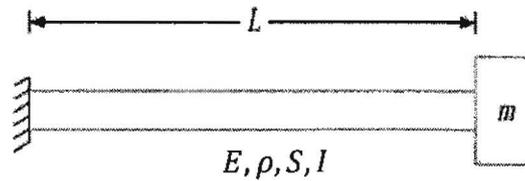
Une barre encastree-libre (E-L), de section uniforme et de longueur L est initialement soumise à son milieu à une force F et à son extrémité libre à une deuxième force $2F$ (voir figure). Déterminer l'expression des vibrations produites si ces forces sont simultanément et soudainement supprimées. Déterminer l'expression de l'effort normal $N(x, t)$.



CORRIGE-TYPE DU CONTROLE DE DDS

Exercice 1

1-



$$w(x, t) = T(t) W(x)$$

Avec : $T(t) = A \sin \omega t + B \cos \omega t$ (0,15)

Et $W(x) = C \sin \beta x + D \cos \beta x + E \sinh \beta x + F \cosh \beta x$

Conditions aux limites

(0,15) $w(0, t) = 0 \Rightarrow W(0) = 0 \Rightarrow D + F = 0 \Rightarrow F = -D$ (0,15)

(0,15) $\frac{\partial w}{\partial x}(0, t) = 0 \Rightarrow \frac{dW}{dx}(0) = 0 \Rightarrow C + E = 0 \Rightarrow E = -C$ (0,15)

(0,15) $M(L, t) = 0 \Rightarrow \frac{d^2 W}{dx^2}(L) = 0 \Rightarrow \beta^2(-C \sin \beta L - D \cos \beta L + E \sinh \beta L + F \cosh \beta L) = 0$
 $\Rightarrow -C(\sin \beta L + \sinh \beta L) - D(\cos \beta L + \cosh \beta L) = 0$ (0,15) (1)

(0,15) $Q(L, t) = EI \frac{\partial^3 w}{\partial x^3}(L, t) = m \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}(L, t) \Rightarrow EI \frac{d^3 W}{dx^3}(L) T(t) = m W(L) \frac{d^2 T}{dt^2}(t)$
 $\Rightarrow EI \frac{d^3 W}{dx^3}(L) T(t) = -m \omega^2 W(L) T(t) \Rightarrow EI \frac{d^3 W}{dx^3}(L) = -m \omega^2 W(L)$
 $\Rightarrow EI \beta^3 (-C \cos \beta L + D \sin \beta L + E \cosh \beta L + F \sinh \beta L)$
 $= -m \omega^2 (C \sin \beta L + D \cos \beta L + E \sinh \beta L + F \cosh \beta L)$
 $\Rightarrow -C (EI \beta^3 (\cos \beta L + \cosh \beta L) + m \omega^2 (\sin \beta L - \sinh \beta L)) +$ (0,175)
 $D (EI \beta^3 (\sin \beta L - \sinh \beta L) + m \omega^2 (\cos \beta L - \cosh \beta L)) = 0$ (2)

Pour obtenir une solution non triviale du système composé des équations (1) et (2), on annule son déterminant :

$$\begin{vmatrix} \sin \beta L + \sinh \beta L & \cos \beta L + \cosh \beta L \\ EI \beta^3 (\cos \beta L + \cosh \beta L) + m \omega^2 (\sin \beta L - \sinh \beta L) & EI \beta^3 (\sin \beta L - \sinh \beta L) + m \omega^2 (\cos \beta L - \cosh \beta L) \end{vmatrix} = 0$$
 (0,15)

Ce qui mène à l'équation caractéristique :

$$EI \beta^3 (1 + \cos \beta L \cosh \beta L) + m \omega^2 (\sinh \beta L \cos \beta L - \sin \beta L \cosh \beta L) = 0$$

En divisant par $EI\beta^3$ et en posant : $X = \beta L$ et $m_p = \rho SL$, sachant que $\beta^4 = \omega^2 \frac{\rho S}{EI}$, l'équation caractéristique s'écrit sous la forme :

$$1 + \cos X \cosh X + \frac{m}{m_p X} (\sinh X \cos X - \sin X \cosh X) = 0 \quad (1)$$

2- En utilisant la méthode de Rayleigh, l'expression de la pulsation propre du système s'écrit :

$$\omega = \sqrt{\frac{\int_0^L EI W''^2(x) dx}{\int_0^L \rho S W^2(x) dx + m W^2(L)}} \quad (0,45)$$

En utilisant la fonction : $W(x) = 3 \frac{x^2}{L^2} - \frac{x^3}{L^3}$

$$W''(x) = \frac{6}{L^2} - \frac{6x}{L^3} = \frac{6}{L^3} (L - x)$$

$$N = \int_0^L EI W''^2(x) dx = \frac{36 EI}{L^6} \int_0^L (L - x)^2 dx = -\frac{36 EI (L - x)^3}{L^6 \cdot 3} \Big|_0^L = 12 \frac{EI}{L^3} \quad (1)$$

$$D = \int_0^L \rho S W^2(x) dx + m W^2(L) = \rho S \int_0^L \left(3 \frac{x^2}{L^2} - \frac{x^3}{L^3} \right)^2 dx + 4m$$

$$= \rho S \int_0^L \left(9 \frac{x^4}{L^4} + \frac{x^6}{L^6} - 6 \frac{x^5}{L^5} \right) dx + 4m = \rho S \int_0^L \left(\frac{9x^5}{5L^4} + \frac{x^7}{7L^6} - \frac{x^6}{L^5} \right) dx + 4m$$

$$= \rho SL \left(\frac{9}{5} + \frac{1}{7} - 1 \right) + 4m = \frac{33}{35} \rho SL + 4m \quad (1,18)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{12 \frac{EI}{L^3}}{\frac{33}{35} \rho SL + 4m}}$$

3- Pour une poutre encastree libre : $m=0$ et l'équation caractéristique se réduit à :

$$1 + \cos \beta L \cosh \beta L = 0$$

Dont la solution est : $\beta_1 L = 1.875$, ce qui donne (sachant que $\beta_n^4 = \omega_n^2 \frac{\rho S}{EI}$) :

$$\omega_{1e} = \frac{3.516}{L^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho S}}$$

4- Pour une poutre Encastree-Libre $m=0$ et l'on obtient :

$$\omega_a \cong \sqrt{\frac{12 \frac{EI}{L^3}}{\frac{33}{35} \rho SL}} \cong \frac{3.568}{L^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho S}} \quad (1)$$

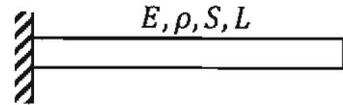
$$\text{Erreur}\% = \frac{\omega_{1e} - \omega_a}{\omega_{1e}} \times 100\% = \frac{3.516 - 3.568}{3.516} \times 100\% = -1,48\%$$

Exercice 2

$$u(x, t) = U(x) \cdot T(t)$$

$$T(t) = A \sin \omega t + B \cos \omega t$$

$$U(x) = C \sin \omega \sqrt{\frac{\rho}{E}} x + D \cos \omega \sqrt{\frac{\rho}{E}} x$$



Conditions aux limites

oif $u(0, t) = 0 \Rightarrow U(0) \cdot T(t) = 0 \Rightarrow U(0) = 0 \Rightarrow D = 0$ *oif*

oif $N(L, t) = E S \frac{\partial u}{\partial x}(L, t) = 0 \Rightarrow \frac{dU}{dx}(L) = 0 \Rightarrow C \omega \sqrt{\frac{\rho}{E}} \cos \omega \sqrt{\frac{\rho}{E}} L = 0 \Rightarrow \cos \omega \sqrt{\frac{\rho}{E}} L = 0$

Pour éviter la solution nulle, il faut que : $\cos \omega \sqrt{\frac{\rho}{E}} L = 0$

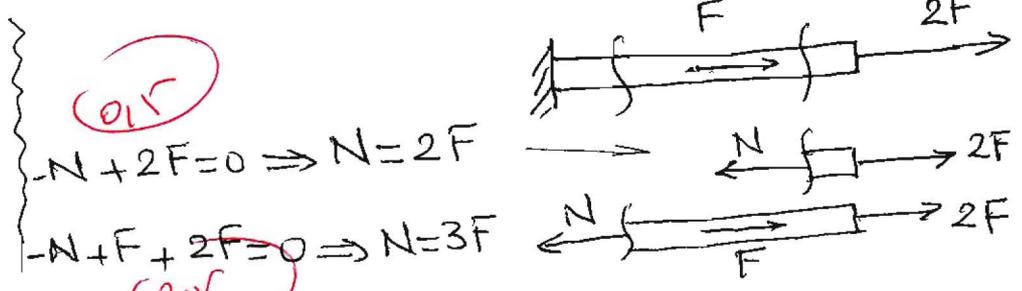
Ce qui mène aux pulsations de résonance : $\omega_n = (2n - 1) \frac{\pi}{2L} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$, $n = 1, 2, 3, \dots$ *oif*

La solution générale en mouvement libre, s'écrit donc :

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \sin \omega_n t + B_n \cos \omega_n t) \cdot \sin(2n - 1) \frac{\pi x}{2L}$$
 oif

Conditions initiales

oif $\frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = 0$



oif $-N + 2F = 0 \Rightarrow N = 2F$

oif $-N + F + 2F = 0 \Rightarrow N = 3F$

Sachant que :

oif $\frac{\partial u}{\partial t}(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \omega_n \cos \omega_n t - B_n \omega_n \sin \omega_n t) \sin(2n - 1) \frac{\pi x}{2L}$

On a :

$$\frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \omega_n \sin(2n - 1) \frac{\pi x}{2L} = 0$$

$$\Rightarrow \sum_{n=1}^{\infty} A_n \omega_n \int_0^L \sin(2n - 1) \frac{\pi x}{2L} \sin(2m - 1) \frac{\pi x}{2L} dx = 0$$
 oif

$$\Rightarrow \sum_{\substack{n=1 \\ (n \neq m)}}^{\infty} A_n \omega_n \int_0^L \sin(2n-1) \frac{\pi x}{2L} \sin(2m-1) \frac{\pi x}{2L} dx + A_m \omega_m \int_0^L \sin^2(2m-1) \frac{\pi x}{2L} dx = 0$$

$$\Rightarrow A_m \omega_m \frac{L}{2} = 0 \Rightarrow A_m = 0$$

Donc : $\forall n : A_n = 0$

$$N(x, 0) = ES \frac{\partial u}{\partial x}(x, 0) = \begin{cases} 3F, & 0 \leq x < \frac{L}{2} \\ 2F, & \frac{L}{2} < x \leq L \end{cases}$$

$$N(x, 0) = ES \sum_{n=1}^{\infty} B_n \omega_n (2n-1) \frac{\pi}{2L} \cos(2n-1) \frac{\pi x}{2L} = 0$$

$$\int_0^L N(x, 0) \cos(2m-1) \frac{\pi x}{2L} dx = ES \sum_{n=1}^{\infty} B_n \omega_n (2n-1) \frac{\pi}{2L} \int_0^L \cos(2n-1) \frac{\pi x}{2L} \cos(2m-1) \frac{\pi x}{2L} dx$$

$$\Rightarrow \int_0^{L/2} 3F \cos(2m-1) \frac{\pi x}{2L} dx + \int_{L/2}^L 2F \cos(2m-1) \frac{\pi x}{2L} dx$$

$$= ES \sum_{\substack{n=1 \\ (n \neq m)}}^{\infty} B_n (2n-1) \frac{\pi}{2L} \int_0^L \cos(2n-1) \frac{\pi x}{2L} \cos(2m-1) \frac{\pi x}{2L} dx$$

$$+ ES B_m (2m-1) \frac{\pi}{2L} \int_0^L \cos^2(2m-1) \frac{\pi x}{2L} dx$$

\Rightarrow

$$3F \frac{2L}{(2m-1)\pi} \sin(2m-1) \frac{\pi x}{2L} \Big|_0^{L/2} + 2F \frac{2L}{(2m-1)\pi} \sin(2m-1) \frac{\pi x}{2L} \Big|_{L/2}^L = ES B_m (2m-1) \frac{\pi}{2L} \frac{L}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{6FL}{(2m-1)\pi} \sin(2m-1) \frac{\pi}{4} - \frac{4FL}{(2m-1)\pi} \sin(2m-1) \frac{\pi}{4} = ES B_m (2m-1) \frac{\pi}{4}$$

$$\Rightarrow \frac{2FL}{(2m-1)\pi} \sin(2m-1) \frac{\pi}{4} = ES B_m (2m-1) \frac{\pi}{4}$$

$$\Rightarrow B_m = \frac{8FL}{ES (2m-1)^2 \pi^2} \sin(2m-1) \frac{\pi}{4}$$

Donc :

$$\forall n : B_n = \frac{8FL}{ES} \frac{1}{(2n-1)^2 \pi^2} \sin(2n-1) \frac{\pi}{4}$$

Finalement,

$$u(x, t) = \frac{8FL}{ES\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1) \frac{\pi}{4}}{(2n-1)^2} \cos \omega_n t \cdot \sin(2n-1) \frac{\pi x}{2L}$$

0,15

Et

$$N(x, t) = \frac{4F}{ES\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1) \frac{\pi}{4}}{2n-1} \cos \omega_n t \cdot \cos(2n-1) \frac{\pi x}{2L}$$

0,15

(

Examen : Traitement de signal

Exercice N°01 :

Soit le signal $S(t) = A \cdot e^{-\alpha t} \cdot H(t)$;

$H(t)$: est la fonction élémentaire de Heaviside (échelon unité d'amplitude 1).

1. Calculer l'énergie de signal $S(t)$.
2. Calculer la puissance moyenne de $S(t)$.

Exercice N°02 :

Soit un signal $S(t) = H(t + 1) - H(t - 2)$;

$H(t)$: est la fonction élémentaire de Heaviside.

1. Tracer le graphe de $S(t)$
2. Tracer le graphe de $S(2 - t)$
3. Tracer le graphe de $Y(t) = S(t) + S(2 - t)$

Remarque : l'échelle doit être représentée sur toutes les graphes.

Exercice N°03 :

Soit le signal continu $x(t)$ de la figure (1) :

1. Déterminer le nom et la classe de ce signal.
2. Préciser les caractéristiques de signale $x(t)$.
3. Déterminer l'expression générale de signale $x(t)$.
4. Donner une deuxième écriture de $x(t)$ (Exploiter la fonction Heaviside).
5. Déterminer les coefficients complexes C_n de la série de Fourier de $x(t)$.
6. Déduire les coefficients de Fourier : a_0 , a_n , et b_n de $x(t)$.
7. Calculer la transformée de Fourier de $x(t)$.

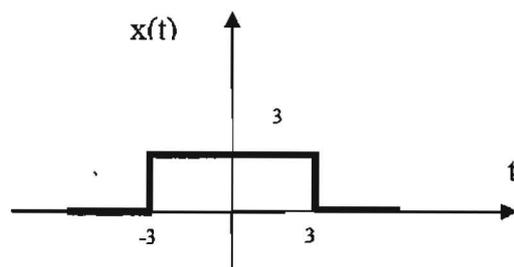


Figure (1)

Corrigé type examen : Traitement de signal

20/20 pts

Exercice N°01 (04 pts) :

1. Soit le signal $S(t) = Ae^{-\alpha t}H(t)$

L'énergie d'un signal est : $E_s = \int_{-\infty}^{\infty} |S(t)|^2 dt$

comme le signal est réel , son énergie est :

$$E_s = \int_{-\infty}^{\infty} S(t) S(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} S^2(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} A \cdot e^{-\alpha t} H(t) \cdot A \cdot e^{-\alpha t} \cdot H(t) dt$$

02 pts

$$= A^2 \int_0^{\infty} e^{-2\alpha t} dt = A^2 \left[\left(-\frac{1}{2\alpha} \right) e^{-2\alpha t} \right]_0^{\infty} = A^2 \left(-\frac{1}{2\alpha} \right) (e^{-2\alpha \cdot \infty} - e^{-2\alpha \cdot 0})$$

$$= A^2 \left(-\frac{1}{2\alpha} \right) \left(\frac{1}{e^{2\alpha \cdot \infty}} - \frac{1}{e^{2\alpha \cdot 0}} \right) = A^2 \left(-\frac{1}{2\alpha} \right) (0 - 1) = A^2 \left(+\frac{1}{2\alpha} \right) = \frac{A^2}{2\alpha} \quad , \text{ (signal à}$$

énergie finie)

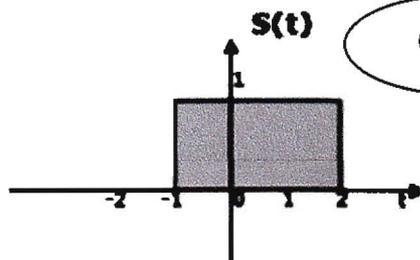
2. Le calcul de sa puissance moyenne est :

$$P_s = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} S^2(t) dt = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} E_s = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{A^2}{2\alpha \cdot T} = 0$$

02 pts

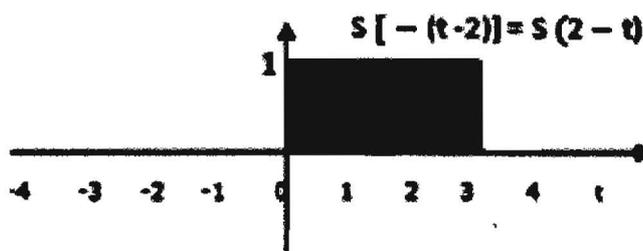
Exercice N°02 (05 pts) :

1. Représentation de $S(t)$:



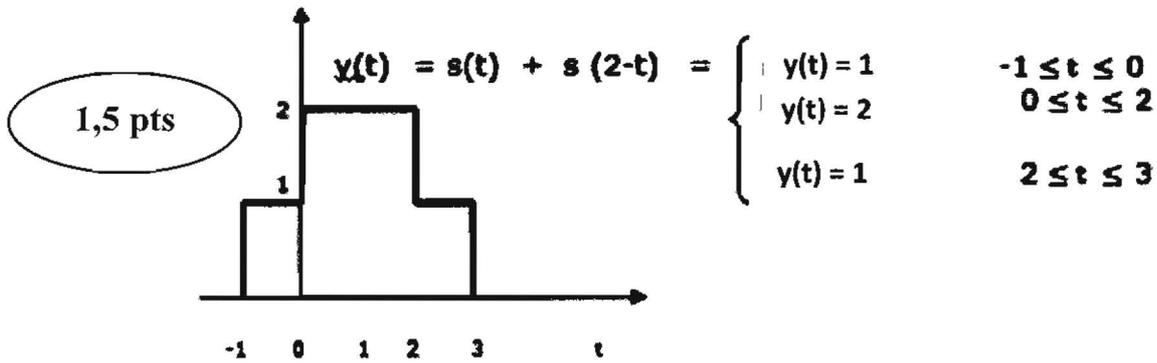
02 pts

2. Représentation de $S(2-t)$:



01,5 pts

2. Représentation de $Y(t) = S(t) + S(2-t)$:



Exercice N°03 (11 pts) :

Soit le signal continu $x(t)$ de la figure (1) :

1. Nom et classe de $x(t)$:

Nom : Signal rectangle $\text{Rect}(t)$ ou porte; 01 pts

Classe : signal périodique ou (signal usuel, fonction de base)

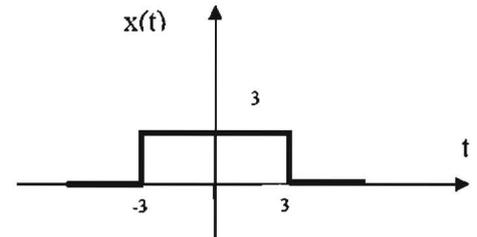


Figure (1)

2. Caractéristiques de signale $x(t)$:

- Période $T = 6$; 1,5 pts
- Fréquence $f = 1/T = 1/6$;
- Amplitude $A = 3$;

3. l'expression générale de signale $x(t)$ est donnée comme suite :

$$x(t) = 3 \text{Rect}(t/6) \quad 01 \text{ pts}$$

4. la deuxième écriture de $x(t)$ (Exploiter la fonction Heaviside $H(t)$) est :

$$x(t) = 3H(t+3) - 3H(t-3) \quad 01 \text{ pts}$$

5. les coefficients complexes C_n de la série de Fourier de $x(t)$ est défini comme suite :

$$C_n = \frac{1}{T} \int_{[T]} f(t) e^{-jn\omega t} dt$$

On a : $T = 6$; $f(t) = \text{Rect}\left(\frac{t}{6}\right) = 3$;

$$C_n = \frac{1}{6} \int_{-3}^3 3 e^{-jn\omega t} dt$$

$$C_n = \frac{3}{6} \int_{-3}^3 e^{-jn\omega t} dt$$

$$C_n = \frac{1}{2} \int_{-3}^3 e^{-jn\omega t} dt \quad ; \quad (/3)$$

$$C_n = \frac{1}{2} \left[\frac{e^{-jn\omega t}}{-jn\omega} \right]_{-3}^3$$

Avec : $\omega = 2\pi f = 2\pi \frac{1}{T} = \frac{2\pi}{6}$; Alor $\omega = \frac{\pi}{3}$;

$$C_n = \frac{1}{2} \left[\frac{e^{-jn\frac{\pi}{3}t}}{-jn\frac{\pi}{3}} \right] \begin{matrix} 3 \\ -3 \end{matrix}$$

$$C_n = \frac{1}{2} \left[\frac{e^{-jn\pi} - e^{jn\pi}}{-\frac{jn\pi}{3}} \right]$$

$$C_n = \frac{3}{2} \left[\frac{e^{-jn\pi} - e^{jn\pi}}{-jn\pi} \right]$$

$$C_n = \frac{3}{2} \left[\frac{e^{jn\pi} - e^{-jn\pi}}{jn\pi} \right]$$

2,5 pts

On c'est que : $\sin(\theta) = \frac{e^{j\theta} - e^{-j\theta}}{2j}$ / $\theta = n\pi$ dans notre cas

Alors :

$$C_n = \frac{3}{n\pi} \left[\frac{e^{jn\pi} - e^{-jn\pi}}{2j} \right]$$

$$C_n = \frac{3}{n\pi} \sin(n\pi)$$

On s'est aussi que : $\text{sinc}(n) = \frac{\sin(n\pi)}{n\pi}$

$$C_n = 3 \frac{\sin(n\pi)}{n\pi}$$

Alors :

$$C_n = 3 \text{sinc}(n)$$

6. Les coefficients de Fourier : \mathbf{a}_0 , \mathbf{a}_n , et \mathbf{b}_n de $\mathbf{x}(t)$:

$\mathbf{x}(t)$ est paire, Alor :

$$b_n = 0$$

0,5 pts

$$a_0 = c_0 = \text{sinc}(0) ;$$

$$a_0 = 3$$

0,5 pts

Si $s(t)$ est paire $\rightarrow b_n = 0$ et $C_n = C_{-n}$

Si $s(t)$ est impaire $\rightarrow a_n = 0$ et $C_n = -C_{-n}$

$$a_n = c_n + c_{-n} = 2 \cdot c_n$$

0,5 pts

$$a_n = 2 \cdot 3 \cdot \text{sinc}(n)$$

$$a_n = 6 \cdot \text{sinc}(n) \quad (0,5 \text{ pts})$$

6. La transformée de Fourier de $x(t)$:

$$TF[x(t)] = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) e^{-j\omega t} dt \quad / \quad x(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{6}\right) = 3$$

$$x(x) = \begin{cases} 3, & -3 < x < 3 \\ 0, & \text{ailleurs} \end{cases}$$

$$TF[x(t)] = \int_{-3}^{+3} 3 \cdot e^{-j\omega t} dt$$

$$TF[x(t)] = 3 \int_{-3}^{+3} e^{-j\omega t} dt$$

$$TF[x(t)] = 3 \cdot \left[\frac{e^{-j\omega t}}{-j\omega} \right]_{-3}^{+3}$$

$$TF[x(t)] = -\frac{3}{\omega} \cdot \left[\frac{e^{-j\omega 3} - e^{j\omega 3}}{j} \right]$$

$$TF[x(t)] = \frac{3}{\omega} \cdot \left[\frac{e^{j3\omega} - e^{-j3\omega}}{j} \right]$$

(02 pts)

On c'est que : $\sin(\theta) = \frac{e^{j\theta} - e^{-j\theta}}{2j}$ / $\theta = 3\omega$ dans notre cas

$$TF[x(t)] = \frac{3 \cdot 2}{\omega} \cdot \left[\frac{e^{j3\omega} - e^{-j3\omega}}{2 \cdot j} \right]; \quad x(2/2)$$

$$TF[x(t)] = \frac{6}{\omega} \cdot \sin(3\omega)$$

$$TF[x(t)] = 6 \cdot \frac{\sin(3\omega)}{\omega}$$

On c'est que : $\text{sinc}(t) = \frac{\sin(t)}{t}$ / $t = 3\omega$ dans notre cas

$$TF[x(t)] = 6 \cdot 3 \cdot \frac{\sin(3\omega)}{3\omega}; \quad x(3/3)$$

$$TF[x(t)] = 18 \cdot \text{sinc}(3\omega)$$

Examen n°01

Questions 1 (8 pts) :

1. Expliquez la méthodologie de l'audit énergétique détaillé dans le milieu industriel étape par étape.
2. Quels sont les seuils d'obligation de l'audit énergétique ?
3. Quelles sont les solutions d'économie d'énergie souvent proposées pour une chaudière à vapeur industrielle.
4. Que signifie les abréviations suivantes : APRUE, FNME, PNME

Questions 2 (12 pts) :

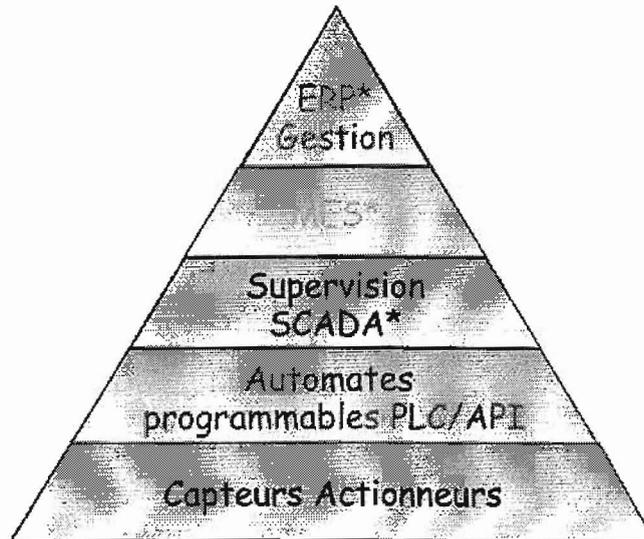
1. Quel est l'intérêt de l'audit énergétique :
-a-Réduction des pertes énergétiques -b- économie d'énergie -c- production d'énergie
2. La consommation spécifique de l'énergie d'un procédé industriel est la :
-a- consommation mensuelle d'énergie -b- consommation unitaire par produit -c- perte d'énergie du procédé
3. L'audit énergétique dans le secteur industriel est périodique chaque :
-a- trois années -b- une année -c- cinq années
4. Quel instrument de mesure permet le calcul de l'excès d'air d'un four :
-a- caméra thermographique -b- débitmètre -c- analyseur de gaz
5. Un auditeur thermique doit utiliser comme instrument :
-a- une pompe à eau -b- un ventilateur thermique -c- une caméra thermique
6. Une TEP vaut en Kcal :
-a- 10^5 -b- 10^7 -c- 10^9
7. Une Thermie vaut en Kj :
-a- 10^5 -b- 4187 -c- $2,4 \cdot 10^{-4}$
8. Lors de l'audit, la collecte des données consiste à :
-a- récupérer des données sur le procédé industriel -b- collecter des informations sur les matières premières du procédé industriel -c- collecter les coordonnées du personnel technique.

Bonne chance

CORRIGE TYPE
CONTROLE AUTOMATISATION DES SYSTEMES INDUSTRIELS

Questions de cours: (05 pts)

En vous basant sur le schéma d'architecture matérielle d'un système de supervision ci-dessous, expliquer en quelques mots la signification et le rôle des niveaux **ERP** (Entreprise Resource Planning) et **MES** (Manufacturing Execution System).



➤ **Niveau planification**

Le niveau planification gère les *finances*, la *trésorerie*, les *ressources humaines*, les **2.5** *données techniques* la *maintenance* et la *gestion de production*.

Les logiciels de gestion intégrée **ERP** (Enterprise Resource Planning), depuis le renouvellement des stocks jusqu'à la facturation en passant par la planification de la production et les traitements comptables et financiers permettent de réaliser de fortes économies de gestion.

➤ **Niveau exécution**

2.5 Le **MES** (Manufacturing Execution System) est situé entre les niveaux de contrôle et de planification. Ce niveau d'exécution est chargé du suivi de production et de la qualité, de l'ordonnancement temps réel et de la traçabilité (procédé, matière, opératoire).

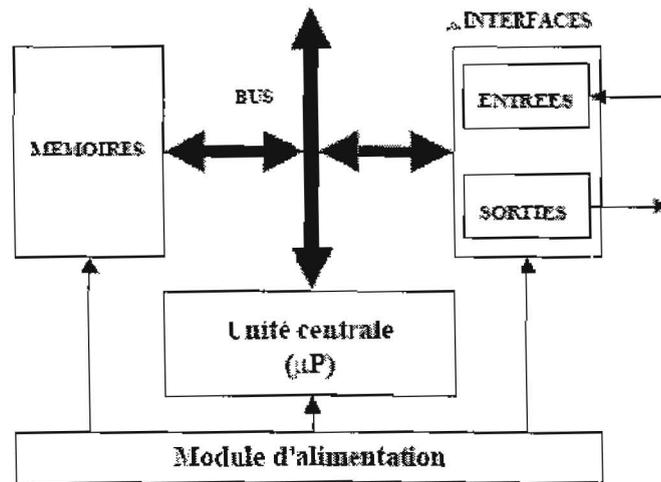
Questions de cours: (10 pts)

1. Quelles sont les différentes *natures des informations* traitées par un automate programmable ?

Les informations peuvent être de type :

- 1.5** ○ **Tout ou rien** (T.O.R.) : l'information ne peut prendre que *deux états (vrai/faux, 0 ou 1)*. C'est le type d'information délivrée par un détecteur, un bouton poussoir, ...
- 1.5** ○ **Analogique** : l'information est *continue* et peut prendre une valeur comprise dans une plage bien déterminée. C'est le type d'information délivrée par un capteur (pression, température ...)

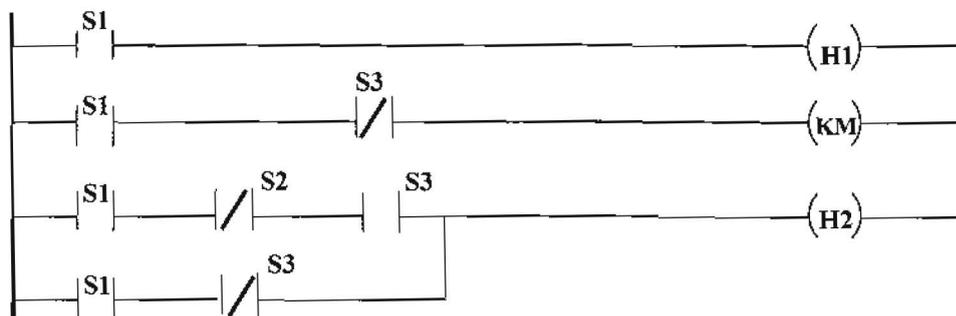
- 1.5) *Numérique* : l'information est contenue dans des mots codés sous forme binaire ou bien hexadécimale. C'est le type d'information délivrée par un ordinateur ou un module intelligent.
2. Expliquer en quelques mots, le rôle et la signification de : *Bus interne, Mémoires, Interfaces d'entrées/sorties*



- **Le bus interne** : il permet la communication de l'ensemble des blocs de l'automate et des éventuelles extensions. (1)
- **Les mémoires** : Elles permettent de stocker le système d'exploitation (ROM ou PROM), le programme (EEPROM) et les données système lors du fonctionnement (RAM). Cette dernière est généralement secourue par pile ou batterie. On peut, en règle générale, augmenter la capacité mémoire par adjonction de barrettes mémoires type PCMCIA. (2.5)
- **Interfaces d'entrées/sorties**
 - **Interface d'entrée** : Elle permet de recevoir les informations du S.A.P. ou du pupitre et de mettre en forme (filtrage, ...) ce signal tout en l'isolant électriquement (optocouplage). (1)
 - **Interface de sortie** : Elle permet de commander les divers pré-actionneurs et éléments de signalisation du S.A.P. tout en assurant l'isolement électrique. (1)

Exercice: (05 pts)

Ecrire les équations de : *H1, H2* et *KM1* dans le programme *LADDER* suivant:



$H1 = S1$ (1)

$KM = S1 \cdot \overline{S3}$ (2)

$H2 = (S1 \cdot \overline{S2} \cdot S3) + (S1 \cdot \overline{S3})$ (2)

Le 11/01/2025

Contrôle

Exo1 : Cocher la bonne réponse

-1) Les atomes se divisent pour former des atomes plus petit:

1. fission nucléaire
2. fusion nucléaire
3. Autre

-2) Les frottement et chocs peuvent être interprétés comme :

1. énergie électrique
2. énergie mécanique
3. énergie chimique

-3) L'énergie solaire est une :

1. énergie abondante et non polluante
2. énergie polluante et dégage le gaz à effet de serre
3. Autre

-4) Les turbines Pelton des centrales hydrauliques destinées pour :

1. des hauteurs de moyenne chute
2. des hauteurs de chute supérieur
3. des hauteurs de basse chute

-5) Le facteur de tension est compris entre :

1. 73% et 80%
2. 50% et 70%
3. 20% et 50%

Le 11/01/2025

Corriger-type de contrôle

Exo1 : Cocher la bonne réponse

-1) Les atomes se divisent pour former des atomes plus petit:

1. **fission nucléaire** 02pts

2. fusion nucléaire

3. Autre

-2) Les frottement et chocs peuvent être interprétés comme :

1. énergie électrique

2. **énergie mécanique** 02pts

3. énergie chimique

-3) L'énergie solaire est une :

1. **énergie abondante et non polluante** 02pts

2. énergie polluante et dégage le gaz à effet de serre

3. Autre

-4) Les turbines Pelton des centrales hydrauliques destinées pour :

1. des hauteurs de moyenne chute

2. **des hauteurs de chute supérieure** 02pts

3. des hauteurs de basse chute

-5) Le facteur de tension est compris entre :

1. **73% et 80%** 2pts

2. 60% et 70%

3. 20% et 50%

-6) quand l'irradiation solaire croit, l'intensité de courant de court-circuit :

1. diminue

2. augmente 2pts

3. constante

-7) Le facteur de forme est diminué avec :

1. l'augmentation de la température 2pts

2. la diminution de la température

3. aucune relation avec la température

Exo2 : On dispose de batteries identiques possédant les caractéristiques suivantes :

tension = 24V et capacité = 10Ah. On branche en dérivation les deux batteries. La batterie équivalente est appelée Bat.

1. Quelle est la tension (V) aux bornes de la batterie Bat ? $V_{Bat} = 24V$ 2pts

2. Quelle est la capacité (Ah) de la batterie Bat ? 20Ah 2pts

3. Quelle est la réserve énergétique en (Wh) de la batterie Bat ? $24V \cdot 20Ah = 480Wh$ 2pts

BEROUAL SAÏD

Corrigé type d'examen: Introduction aux Matériaux

Questions de cours: (6 points)

7 Pts / 7 Pts

(0,5)

(1/1)

a) pour les **précipités cohérents** : il existe une relation d'orientation cristallographique définie entre la particule précipitée et la matrice environnante alors que pour les **précipités incohérents** : la structure cristalline et l'orientation cristallographique de la particule sont différentes de celles de la matrice.

(0,5)

(1,5 / 1,5)

b) Ces défauts sont appelés dislocations qui sont :

a) Les dislocations coin,

(0,5)

b) Les dislocations vis,

(0,5)

c) Les dislocations mixtes.

(0,5)

(1/1)

c) ΔH (en joules ou en calories) est l'enthalpie de transformation, appelée ici chaleur latente de fusion ou de solidification.

(1)

(1,5 / 1,5)

d) chauffer l'acier pour former de l'austénite, puis à le refroidir rapidement, généralement dans l'eau ou l'huile. Ce refroidissement empêche la diffusion du carbone, transformant l'austénite en martensite, une structure cristalline dure et fragile. La martensite possède une grande dureté (HV = 700 à 900).

(0,5)

(2/2)

e) Afin de calculer la fraction de sites atomiques vacants dans le plomb à 600 K, nous devons utiliser l'équation $n/N = \exp(-Q_v/KT)$. Comme indiqué dans le problème, $Q_v = 0,55 \text{ eV/atome}$. Par conséquent,

(0,5)

$$\frac{N_v}{N} = \exp\left(-\frac{Q_v}{kT}\right) = \exp\left[-\frac{0.55 \text{ eV/atom}}{(8.62 \times 10^{-5} \text{ eV/atom}\cdot\text{K})(600 \text{ K})}\right]$$

$$= 2.41 \times 10^{-5}$$

(1)

6 Pts / 6 Pts

Exercice N°01: (6 points)

(1)

(a) $m_L = 1 \text{ kg}$, $m_\alpha = 0 \text{ kg}$;

(1)

1460°C

(1)

(b) $m_L = 667 \text{ g}$, $m_\alpha = 333 \text{ g}$;

(1)

1300°C

(1)

(c) $m_L = 0 \text{ kg}$, $m_\alpha = 1 \text{ kg}$

(1)

1110°C

Exercice N° 2 : (7 points)

07/07

a. Cette partie du problème est résolue en appliquant les expressions de la règle du levier, en utilisant une ligne de liaison qui s'étend sur toute la longueur du champ de phase $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$. Ainsi, C_0 est 0,35 % en poids de C, et

et
$$W_\alpha = \frac{6.70 - 0.35}{6.70 - 0.022} = 0.95$$

(1)

$$W_{\text{Fe}_3\text{C}} = \frac{0.35 - 0.022}{6.70 - 0.022} = 0.05$$

(1)

(0,5)
pour le schéma.

- b. Les fractions de ferrite proeutectoïde et de perlite sont déterminées en utilisant la règle du levier et une ligne de liaison qui s'étend uniquement à la composition eutectoïde (c'est-à-dire les équations 10.20 et 10.21). Nous avons

$$W_p = \frac{0.35 - 0.022}{0.76 - 0.022} = 0.44$$

et

$$W_{\alpha'} = \frac{0.76 - 0.35}{0.76 - 0.022} = 0.56$$

- c. Toute la ferrite est soit proeutectoïde, soit eutectoïde (dans la perlite). Par conséquent, la somme de ces deux fractions de ferrite est égale à la fraction de ferrite totale, c'est-à-dire,

$$W_{\alpha'} + W_{\alpha e} = W_{\alpha}$$

où $W_{\alpha e}$ représente la fraction de l'alliage total qui est de la ferrite eutectoïde. Les valeurs de W_{α} et $W_{\alpha'}$ ont été déterminées dans les parties (a) et (b) comme étant respectivement 0,95 et 0,56. Par conséquent,

$$W_{\alpha e} = W_{\alpha} - W_{\alpha'} = 0.95 - 0.56 = 0.39$$

Examen n°01 - Machines Thermiques

Exercice n°1 (7 Pts) :

Dans une centrale thermique à vapeur, la pression et la température à l'entrée de la turbine sont : 80 bars et 450°C, alors que la pression à l'entrée de la pompe est de 0.5 bar. On cherche à comparer les performances des deux cycles ; théorique (Rankine) et celui à resurchauffe (Hirn), sachant que la resurchauffe est effectuée à une pression intermédiaire de 20 bars, ramenant la température de la vapeur à 350°C :

1. Tracez les cycles thermodynamiques sur le diagramme T-S
2. Calculez et comparez le travail produit ainsi que le rendement thermique des deux cycles.

On donne l'enthalpie du condensat à l'entrée de la chaudière : 340.6 Kj/Kg

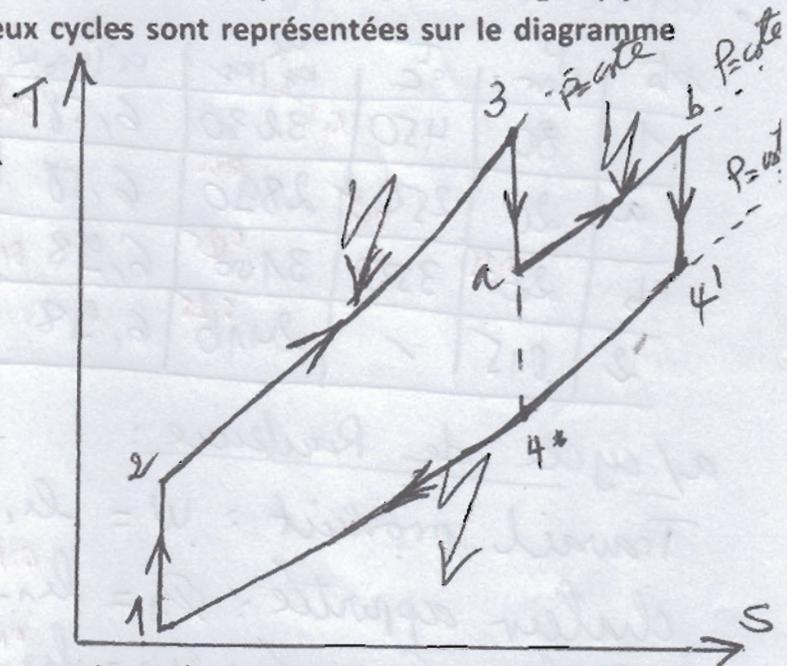
Exercice n°2 (8 Pts) :

On veut comparer les rendements thermiques de deux cycles de turbine à gaz (cycle C1 : 1-2-3-4-1 ; C2 : 1-2-3-a-b-4'-1), les deux cycles sont représentées sur le diagramme TS ci-dessous :

Les données pour les deux cycles sont :

$P_1=1 \text{ bar} ; \quad t_1=20^\circ\text{C} ; \quad t_2=240^\circ\text{C}$

$t_4=400^\circ\text{C} ; \quad P_a=4 \text{ bars} ; \quad t_b=800^\circ\text{C}$



1. Expliquez pour chacun des deux cycles, l'ensemble des transformations thermodynamiques. De quels cycles s'agit-il ?
2. Représentez les schémas des installations correspondantes aux deux cycles.
3. Dans les deux cas, calculez les quantités de chaleur apportée et évacuée, le travail produit ainsi que les rendements thermiques des deux cycles. Qu'en déduisez-vous ?

Questions (5pts) :

1. Démontrez les relations caractéristiques d'un processus adiabatique.
2. Démontrez l'équation d'état d'un gaz parfait.

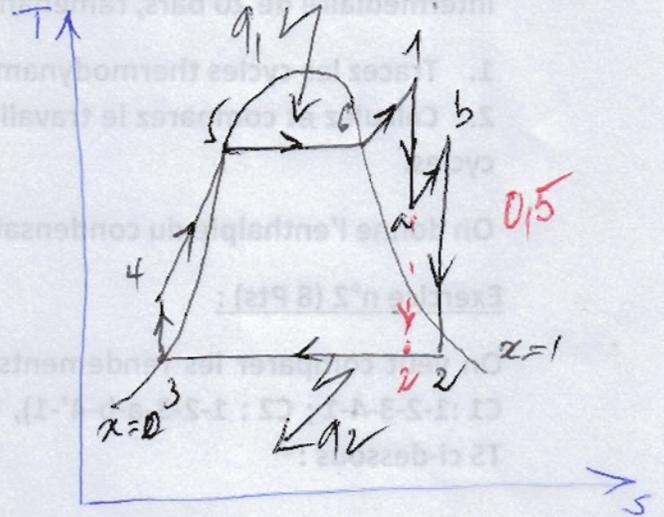
Corrigé Type

Ex n°01 (7pts):

$P_1 = 80 \text{ bars}$; $t_1 = 450^\circ\text{C}$, $P_2 = 0,15 \text{ bar}$, $h_2' = 340,6 \text{ kJ/kg}$
 $P_a = 20 \text{ bars}$; $t_b = 350^\circ\text{C}$. (surchauffe intermédiaire)

• cycle réonique (Rankine)

pts	P bar	t_c	$h_1 \text{ kJ/kg}$	$s_1 \text{ kJ/kgK}$
1	80	450	3230 ^{0,25}	6,58 ^{0,25}
2	0,15	-	2280 ^{0,25}	6,58



• cycle à surchauffe (H2N)

pts	P bar	t_c	$h_1 \text{ kJ/kg}$	$s_1 \text{ kJ/kgK}$
1	80	450	3230 ^{0,25}	6,58 ^{0,25}
a	20	250 ^{0,25}	2890 ^{0,25}	6,58
b	20 ^{0,25}	350	3100 ^{0,25}	6,98 ^{0,25}
2	0,15	-	2410 ^{0,25}	6,98

a/ cycle de Rankine:

Travail produit: $W = h_1 - h_2 = 3230 - 2280 = 950 \text{ kJ/kg}$ ^{0,25}
 chaleur apportée: $Q_1 = h_1 - h_2' = 3230 - 340,6 = 2889,4 \text{ kJ/kg}$ ^{0,25}
 chaleur évacuée: $Q_2 = h_2 - h_2' = 2280 - 340,6 = 1939,4 \text{ kJ/kg}$ ^{0,25}
 rendement thermique: $\eta_{th} = \frac{W}{Q_1} = \frac{950}{2889,4} = 32,8\%$ ^{0,25}

b/ cycle à resurchauffe

Travail produit: $W = (h_1 - h_a) + (h_b - h_2)$ ^{0,25}
 $= (3230 - 2890) + (3100 - 2410) = 1030 \text{ kJ/kg}$ ^{0,25}
 chaleur apportée: $Q_1 = (h_1 - h_2') + (h_b - h_a)$ ^{0,25}
 $= 2889 + 210 = 3099 \text{ kJ/kg}$ ^{0,25}
 chaleur évacuée: $Q_2 = h_2 - h_2' = 2410 - 340,6 = 2069,40 \text{ kJ/kg}$ ^{0,25}

rendement thermique : $\eta_{th} = \frac{W}{Q_1} = \frac{1030}{3099} = 33,2\%$

Conclusion: on remarque que la surchauffe intermédiaire permet a priori une amélioration du travail produit qui passe de 950 à 1030 kJ/kg soit une augmentation de près de 8,4%. ainsi que une augmentation du rendement thermique qui passe de 32,8% à 33,2%. En outre cette surchauffe a permis d'améliorer le titre de vapeur à la sortie de la turbine qui passe de $x = 0,84$ à $x = 0,91$ ce qui assure une meilleure protection de la turbine à vapeur.

1 pts

EX m=02: (8 pts).

1. a/ cycle C1 (1-2-3-4-1):

- 1 → 2 : Compression isentropique ds le Compresseur
- 2 → 3 : Apport de chaleur isobarique
- 3 → 4 : Détente isentropique ds la turbine
- 4 → 1 : Evacuation de la chaleur isobarique.

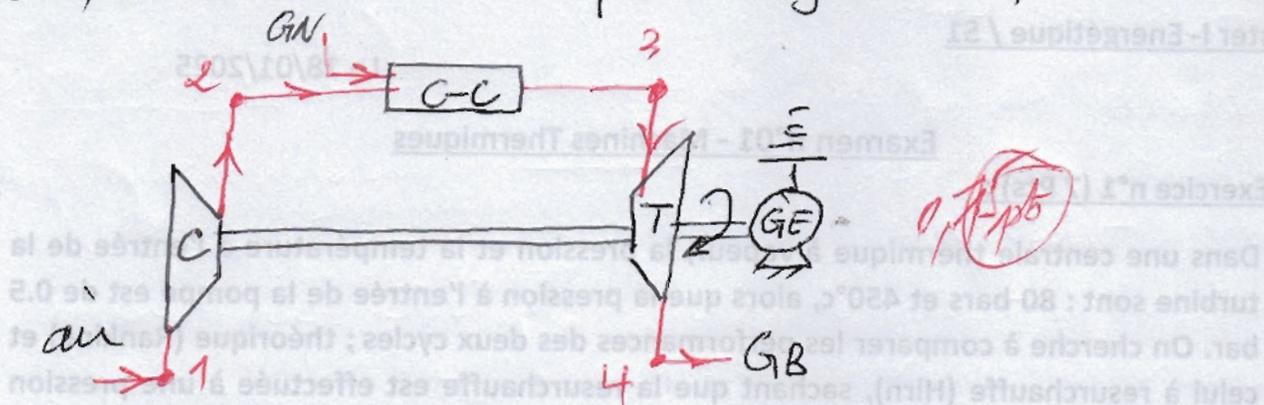
Ce cycle correspond au cycle de Brayton (cycle thermique) d'une turbine à gaz.

b/ cycle C2 (1-2-3-a-b-4'-1)

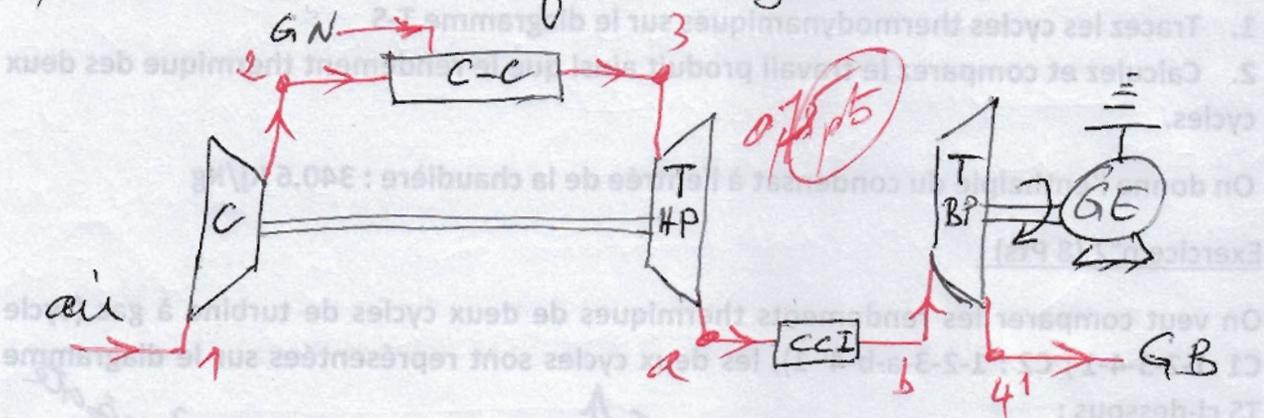
- 1 → 2 : inchangée
- 2 → 3 : inchangée
- 3 → a : Détente isentropique ds la turbine HP.
- a → b : réchauffement intermédiaire isobarique
- b → 4' : Détente isentropique ds la turbine BP.
- 4' → 1 : Evacuation de chaleur isobarique.

ce cycle correspond à un cycle thermique d'une turbine à gaz.

2. a/ schéma relatif au cycle C₁



b/ schéma relatif au cycle C₂:



3.

a/ cycle C₁: P₁ = 1 bar, t₁ = 20°C, t₂ = 240°C, t₄ = 400°C

$$T_1 P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \rightarrow P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}} = 7,10 \text{ bar}$$

$$\beta = \frac{P_2}{P_1} = 7,10 \quad ; \quad \beta_3 = \beta_4 = 7,10 \text{ bar} \quad ; \quad P_4 = P_1 = 1 \text{ bar}$$

$$T_3 \cdot P_3^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_4 \cdot P_4^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \rightarrow T_3 = T_4 \cdot \left(\frac{P_4}{P_3}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 1178,3 \text{ K}$$

$$\text{chaleur apportée: } Q_1 = C_p (T_3 - T_2) = \frac{\gamma r}{\gamma - 1} (T_3 - T_2) = \frac{1,4 \cdot 287}{1,4 - 1} (1178,3 - 513,15) \\ q_1 = 668,17 \text{ kJ/kg} > 0$$

$$\text{chaleur évacuée: } q_2 = C_p \cdot (T_1 - T_4) = -381,7 \text{ kJ/kg} < 0$$

$$\text{Travail produit: } W = -(Q_1 + Q_2) = -286,4 \text{ kJ/kg} < 0$$

$$\text{rendement thermique} = \eta_{th} = \frac{|W|}{Q_1} = 42,9 \%$$

b/ cycle C₂: P_a = 4 bars ; t_b = 800°C

$$P_2 = 7,10 \text{ bars} \quad ; \quad \beta = 7,10 \quad ; \quad T_3 = 1178,3 \text{ K} \quad ; \quad P_b = P_a = 4 \text{ bars}$$

$$P_3 = P_2 = 7,10 \text{ bars} \quad ; \quad P_{4'} = P_1 = 1 \text{ bar}$$

0,25 pour chaque calcul.

$$T_{41} \cdot P_{41}^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_b \cdot P_b^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \rightarrow T_{41} = T_b \cdot \left(\frac{P_b}{P_{41}}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 722,2 \text{ K} \quad (4)$$

chaleur apportée (c-c) : $q_1' = C_p (T_3 - T_2) = 668,17 \text{ kJ/kg}$

chaleur réchauffage intermédiaire : $q_1'' = C_p (T_1 - T_a) = 73,18 \text{ kJ/kg}$

chaleur totale apportée : $q_1 = q_1' + q_1'' = 741,35 \text{ kJ/kg}$

chaleur évacuée : $q_2 = C_p (T_1 - T_{41}) = -430,9 \text{ kJ/kg}$

Travail produit : $W = -(q_1 + q_2) = 310,40 \text{ kJ/kg}$

Rendement thermique : $\eta_{th} = \frac{|W|}{q_1} = 41,87\%$

Conclusion : on constate que le fractionnement de la détente en deux étages avec réchauffage intermédiaire permet de faire passer le travail produit de 286,4 à 310,40 soit une augmentation de près de 8,3%. Cependant on remarque une diminution du rendement thermique de près de 1%. Ce qui est acceptable par rapport à l'apport de chaleur supplémentaire.

Questions (5 pts)

voir cours.

Examen de Mécanique des Fluides Approfondie

Exercice 01 (07 Pts)

L'écoulement autour d'un cylindre de rayon R peut être obtenu par la superposition de l'écoulement uniforme à celui d'un doublet : $F(z) = V_{\infty}(z + R^2/z)$.

1. Trouver l'expression du potentielle de vitesse ϕ en fonction de x et y puis en fonction de r et θ .
2. Trouver l'expression de la fonction de courant ψ en fonction de x et y puis en fonction de r et θ .
3. Trouver les composantes du champ de vitesse en fonction de r et θ .

Exercice 02 (07 Pts)

L'écoulement bidimensionnel incompressible d'un fluide parfait est décrit par la fonction de courant suivante : $\psi(r, \theta) = r^2 \sin 2\theta$.

1. Déterminer le champ de vitesse correspondant \vec{V} .
2. Déterminer le potentiel de vitesse $\phi(r, \theta)$.
3. Déterminer le vecteur accélération \vec{a} .

On donne :

$$\begin{cases} \gamma_r = \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v_\theta^2}{r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \\ \gamma_\theta = \frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_r v_\theta}{r} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} \\ \gamma_z = \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \end{cases}$$

Exercice 03 (06 Pts)

Si la distribution des vitesses dans la couche limite laminaire sur une plaque plate est supposée être donnée par le polynôme de second ordre $U = Ay^2 + By + C$, où A , B et C sont constants.

1. Trouver A , B et C et exprimer la distribution de vitesse sous la forme : $\frac{U}{U_{\infty}} = f\left(\frac{y}{\delta}\right)$.
2. Déterminer le rapport entre l'épaisseur de déplacement et l'épaisseur de la couche limite.
3. Déterminer le rapport entre l'épaisseur de la quantité de mouvement et l'épaisseur de la couche limite.

Corrigé type A. RAMMANI

Corrigé type de l'examen MDFA

Exo. 01 (07 Pts) :

1,2 Les lignes de courant et les équipotentielles peut être exprimés par :

$$\begin{cases} \phi = V_{\infty} x \left(1 + \frac{R^2}{x^2 + y^2} \right) - V_{\infty} \cos \theta \left(r + \frac{R^2}{r} \right) \\ \psi = V_{\infty} y \left(1 - \frac{R^2}{x^2 + y^2} \right) = V_{\infty} \sin \theta \left(r - \frac{R^2}{r} \right) \end{cases}$$

3. Le champ de vitesse $V(r, \theta)$ est défini comme :

$$\begin{cases} V_r = \frac{\partial \phi}{\partial r} = V_{\infty} \cos \theta \left(r - \frac{R^2}{r} \right) \\ V_{\theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \theta} = V_{\infty} \sin \theta \left(r + \frac{R^2}{r} \right) \end{cases}$$

Exo. 02 (07 pts)

1. Champ de vitesse pour $\psi(r, \theta) = r^2 \sin 2\theta$

$$\begin{cases} V_r = \frac{1}{r} \frac{\partial \psi}{\partial \theta} = 2r \cos 2\theta \\ V_{\theta} = -\frac{\partial \psi}{\partial r} = -2r \sin 2\theta \end{cases} \Rightarrow \vec{V} = 2r(\cos 2\theta \vec{u}_r - \sin 2\theta \vec{u}_{\theta})$$

2. potentiel de vitesse $\phi(r, \theta)$

$$\begin{cases} V_r = \frac{\partial \phi}{\partial r} = 2r \cos 2\theta \\ V_{\theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial \phi}{\partial \theta} = -2r \sin 2\theta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{\partial \phi}{\partial r} = 2r \cos 2\theta \dots \dots \dots (1) \\ \frac{\partial \phi}{\partial \theta} = -2r^2 \sin 2\theta \dots \dots \dots (2) \end{cases} \Rightarrow \phi(r, \theta) = r^2 \cos 2\theta$$

3. Composantes de l'accélération

$$\begin{cases} \gamma_r = v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_{\theta}}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v_{\theta}^2}{r} \\ \gamma_{\theta} = v_r \frac{\partial v_{\theta}}{\partial r} + \frac{v_{\theta}}{r} \frac{\partial v_{\theta}}{\partial \theta} + \frac{v_r v_{\theta}}{r} \\ \gamma_z = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \gamma_r = 4r \\ \gamma_{\theta} = 0 \\ \gamma_z = 0 \end{cases} \Rightarrow \vec{\gamma} = 4r \vec{u}_r$$

Exo. 03 (06 pts)

La distribution parabolique de la vitesse est exprimée par le polynôme : $u(y) = Ay^2 + By + C$.

Cette distribution doit satisfaire les conditions aux limites dans la couche limite :

$$\begin{cases} \text{à } y = 0, u(0) = 0 \Rightarrow C = 0 \\ \text{à } y = \delta, u(\delta) = U_{\infty} = A\delta^2 + B\delta + C \\ \text{aussi } \frac{\partial u}{\partial y} \Big|_{y=\delta} = 0 \Rightarrow B = -2A\delta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = -U_{\infty}/\delta^2 \\ B = 2U_{\infty}/\delta \\ C = 0 \end{cases} \Rightarrow u(y) = \frac{U_{\infty}}{\delta^2} y^2 - 2 \frac{U_{\infty}}{\delta} y \Rightarrow \frac{u(y)}{U_{\infty}} = 2 \left(\frac{y}{\delta} \right) - \left(\frac{y}{\delta} \right)^2$$

2-L'expression de la couche de déplacement δ_d est donnée par l'équation :

$$\delta_d = \int_0^{\delta} \left(1 - \frac{u}{U_{\infty}} \right) dy = \int_0^{\delta} \left[1 - 2 \left(\frac{y}{\delta} \right) + \left(\frac{y}{\delta} \right)^2 \right] dy \Rightarrow \frac{\delta_d}{\delta} = \frac{1}{3}$$

3-L'équation de l'épaisseur de la quantité de mouvement de la couche limite δ_{qm} est :

$$\delta_{qm} = \int_0^{\delta} \frac{u}{U_{\infty}} \left(1 - \frac{u}{U_{\infty}} \right) dy = \int_0^{\delta} \left(2 \left(\frac{y}{\delta} \right) - \left(\frac{y}{\delta} \right)^2 \right) \left[1 - 2 \left(\frac{y}{\delta} \right) + \left(\frac{y}{\delta} \right)^2 \right] dy \Rightarrow \frac{\delta_{qm}}{\delta} = \frac{2}{15}$$

Bechiri.H.

Méthodes Statistiques et Echantillonnage
Correction de l'examen N° : 1

Exercice 1

1. Reproduire et compléter du tableau : (2)

	intéressées par Internet	non intéressées par internet	total
moins de 30 ans	560	140	700
de 30 à 60 ans	150	550	700
plus de 60 ans	90	510	600
total	800	1200	2000

2. $\#P(A) = \frac{700 + 600}{2000} = 0.65$ (1)

$\#P(B) = \frac{1200}{2000} = 0.4$. (1)

$\# \bar{B}$ est l'évènement inverse de B, $\Rightarrow P(\bar{B}) = 1 - P(B) = 1 - 0.4 = 0.6$. (1)

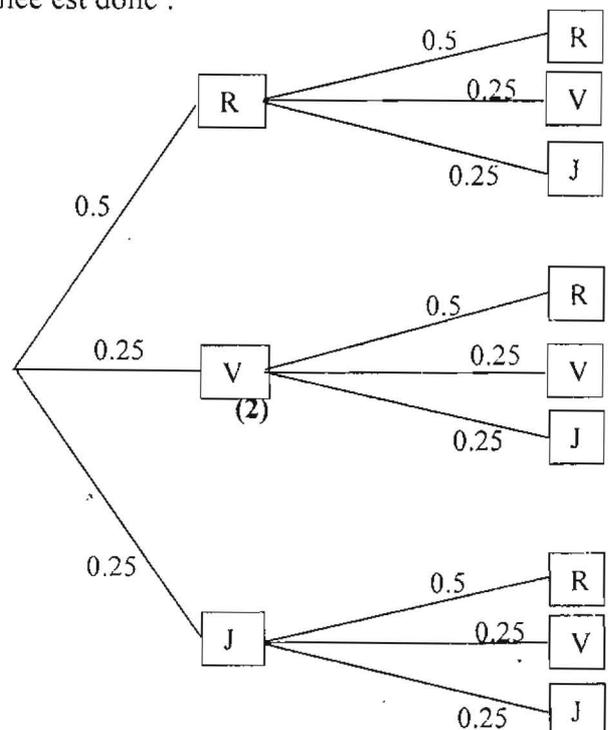
$\# P(A \cap \bar{B}) \rightarrow$ la personne a plus de 30 ans ET est intéressée par internet :

$P(A \cap \bar{B}) = \frac{550 + 510}{2000} = 0.53$. (1)

$\# P(A \cup \bar{B}) = P(A) + P(\bar{B}) - P(A \cap \bar{B}) = 0.65 + 0.6 - 0.53 = 0.72$. (1)

3. On sait que la personne interrogée est intéressée par Internet. On cherche alors la probabilité qu'elle ait plus de 30 ans : ATTENTION ici l'univers, c'est à dire l'ensemble des personnes sur lequel je veux ma probabilité sont les personnes intéressées par internet, c'est à dire les 800 dans le tableau. PARMILX ceux-ci, 150+90 ont plus de 30 ans. La probabilité cherchée est donc :

$P_B(A) = \frac{150 + 90}{800} = 0.3$. (1)



Exercice 2

1. On notera R, V et J pour choisir, respectivement une boule rouge, verte ou jaune à chaque tirage, voilà l'arbre pondéré :

2. $\#P(E) = 0.5 \times 0.5 = 0.25$. (1)

$\#P(F) = P(RV) + P(RJ) + P(VR) + P(JR)$
 $\Rightarrow P(F) = 0.5 \times 0.25 + 0.5 \times 0.25 + 0.25 \times 0.5 + 0.25 \times 0.5$
 $\Rightarrow P(F) = 0.5$. (1)

3. $P(E \cup F)$ c'est d'avoir au moins une boule rouge. (0.5)

Méthodes Statistiques et Echantillonnage
Examen N° : 1

Exercice 1 (8pts)

Voici les résultats d'un sondage effectué en 1999 auprès de 2000 personnes, à propos d'Internet :

- 40% des personnes interrogées déclarent être intéressées par Internet,
- 35% des personnes interrogées ont moins de 30 ans et, parmi celles-ci, quatre cinquièmes déclarent être intéressées par Internet.
- 30% des personnes interrogées ont plus de 60 ans et, parmi celles-ci, 85% ne sont pas intéressées par Internet.

1. Reproduire et compléter le tableau suivant :

	intéressées par Internet	non intéressées par internet	total
moins de 30 ans			
de 30 à 60 ans			
plus de 60 ans			
total			

2. On choisit au hasard une personne parmi les 2 000 interrogées. On suppose que toutes les personnes ont la même probabilité d'être choisies. On considère les événements :

- A : « la personne interrogée est ≥ 30 ans »,
 - B : « la personne interrogée est intéressée par Internet ».
 - Calculer les probabilités $P(A)$ et $P(B)$.
 - Définir par une phrase l'événement \bar{B} puis calculer $P(\bar{B})$.
 - Définir par une phrase l'événement $A \cap \bar{B}$ puis calculer $P(A \cap \bar{B})$. En déduire $P(A \cup \bar{B})$.
3. On sait maintenant que la personne interrogée est intéressée par Internet. Quelle est la probabilité qu'elle ait plus de 30 ans ?

Exercice 2 (7pts)

Une urne contient 4 boules : deux rouges, une verte et une jaune, indiscernables au toucher. On tire au hasard une boule de cette urne. Après avoir noté la couleur de la boule obtenue on la replace dans l'urne et on procède à un second tirage. On note alors à nouveau la couleur obtenue.

1. Dessiner l'arbre correspondant à cette expérience.
2. Soit E l'événement « les deux boules tirées sont rouges » et F l'événement « une seule des deux boules tirées est rouge ». À l'aide de l'arbre, calculer les probabilités $P(E)$ et $P(F)$.
3. Définir par une phrase l'événement $G = E \cup F$. Calculer $P(G)$.
4. À l'aide de $P(G)$, calculer $P(H)$ où H est l'événement « aucune des deux boules tirées n'est rouge ».
5. Les boules de l'urne portent chacune un numéro : les rouges le numéro 1, la verte le numéro 2, la jaune le numéro 4. On s'intéresse maintenant aux numéros obtenus lors des tirages. On appelle S la somme des numéros obtenus après le tirage des deux boules. Quelle est la probabilité que S soit supérieur ou égale à 4 ? (on pourra faire apparaître les différentes sommes à l'extrémité des branches de l'arbre de la question 1).

Exercice 3 (5pts)

Les 950 élèves du lycée se répartissent de la façon suivante :

400 élèves apprennent l'allemand, 620 élèves apprennent l'anglais, 220 élèves apprennent le russe, 240 élèves apprennent l'allemand et l'anglais, 60 élèves apprennent l'allemand et le russe, 130 élèves apprennent l'anglais et le russe et 30 élèves apprennent les trois langues.

1. Combien d'élèves apprennent uniquement l'allemand ?
2. Combien d'élèves apprennent uniquement l'anglais ?
3. Combien d'élèves apprennent uniquement le russe ?
4. Combien d'élèves apprennent l'allemand et l'anglais mais non le russe ?
5. Combien d'élèves apprennent l'allemand et le russe mais non l'anglais ?
6. Combien d'élèves apprennent l'anglais et le russe mais non l'allemand ?
7. Combien d'élèves apprennent n'apprennent aucune des trois langues ?

$$P(G) = P(E \cup F) = P(E) + P(F) - P(E \cap F)$$

et $P(E \cap F) = 0$, car on ne peut avoir en même temps

deux boules rouges ET exactement une. Donc :

$$P(G) = P(E) + P(F) = 0.25 + 0.5 = 0.75. \quad (0.5)$$

4. $P(H) = P(\bar{G}) = 1 - P(G) = 1 - 0.75 = 0.25$ (1)

5. Ici, on va plutôt faire un tableau, que l'on pourra appeler le tableau donnant la loi de la somme S :

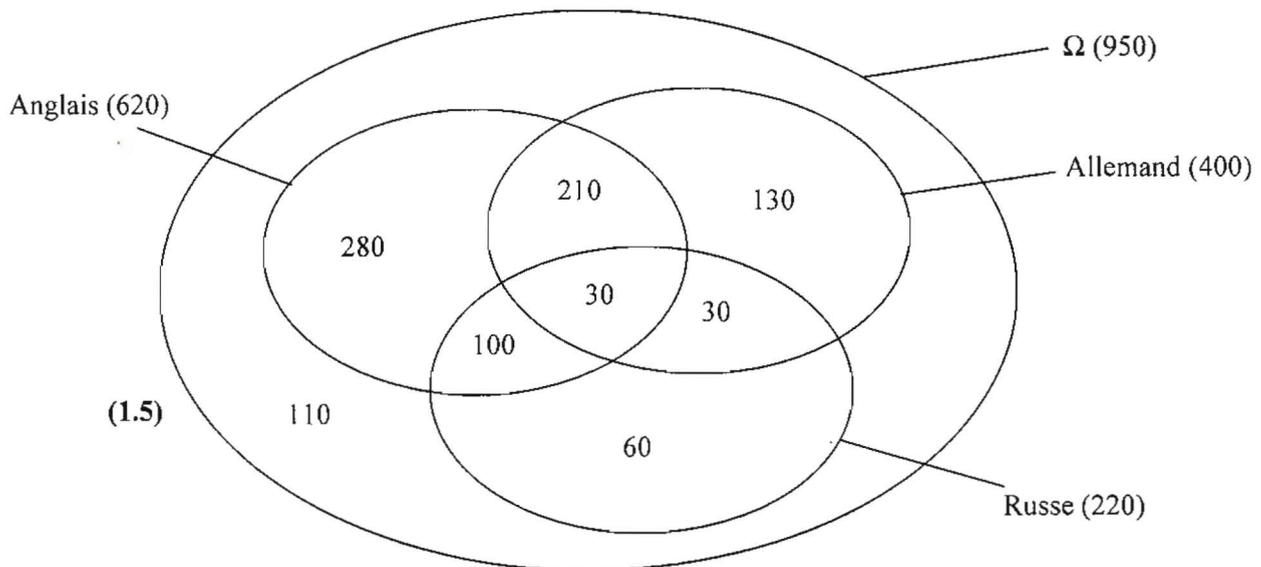
chemins	RR	RV	RJ	VR	VV	VJ	JR	JV	JJ	total
valeur de S	2	3	5	3	4	6	5	6	8	
probabilité	0.25	0.125	0.125	0.125	0.0625	0.0625	0.125	0.0625	0.0625	1

Donc,

$$P(S \geq 4) = 0.0125 + 0.0625 + 0.0625 + 0.0125 + 0.0625 + 0.0625 = 0.5. \quad (1)$$

Exercice 3

On utilise le diagramme de Venn :



1. Le nombre d'élèves apprennent uniquement l'allemand est 130. (0.5)
2. Le nombre d'élèves apprennent uniquement l'anglais est 280. (0.5)
3. Le nombre d'élèves apprennent uniquement le russe est 60. (0.5)
4. Le nombre d'élèves apprennent l'allemand et l'anglais mais non le russe est 210. (0.5)
5. Le nombre d'élèves apprennent l'allemand et le russe mais non l'anglais est 30. (0.5)
6. Le nombre d'élèves apprennent l'anglais et le russe mais non l'allemand est 100. (0.5)
7. Le nombre d'élèves n'apprennent aucune des trois langues est 110. (0.5)

Question 1 (6pts)

1/ ISO : International Organization for standardization ou organisation internationale de normalisation

DIN : Institut Allemand de normalisation

NF : norme française

NA : norme Algérienne

EN : norme européenne

2/ non les organismes de normalisation peuvent être nationaux (pour chaque pays comme en Algérie c'est l'IANOR) , régionaux comme CEN (l'organisme européen de normalisation) et internationaux comme l'ISO (organisme international de normalisation).

3/ les normes sont élaborées par les comités techniques composés d'experts dans le domaine approprié à la norme.

Ex : l'Algérie possède 72 CTN composés d'experts qui sont concernés par tous les domaines, spécificités selon leur domaine d'expertise ex : énergie renouvelables, analyse du cycle de vie etc...

Question 2 (4pts)

Principaux éléments à apparaitre sur le document d'une norme

1- La référence de la norme montrant sa source et les organismes qui l'ont adoptée, son numéro incluant la partie ex : NF EN ISO 3826-1

2- La date d'édition ou de révision de la norme ex Avril 2004

3- Le titre détaillé ex : Poches en plastique souple pour le sang et les composants du sang. Partie 1 : poches conventionnelles E, D

4- Le domaine d'application dans cet exemple : nommé analyse

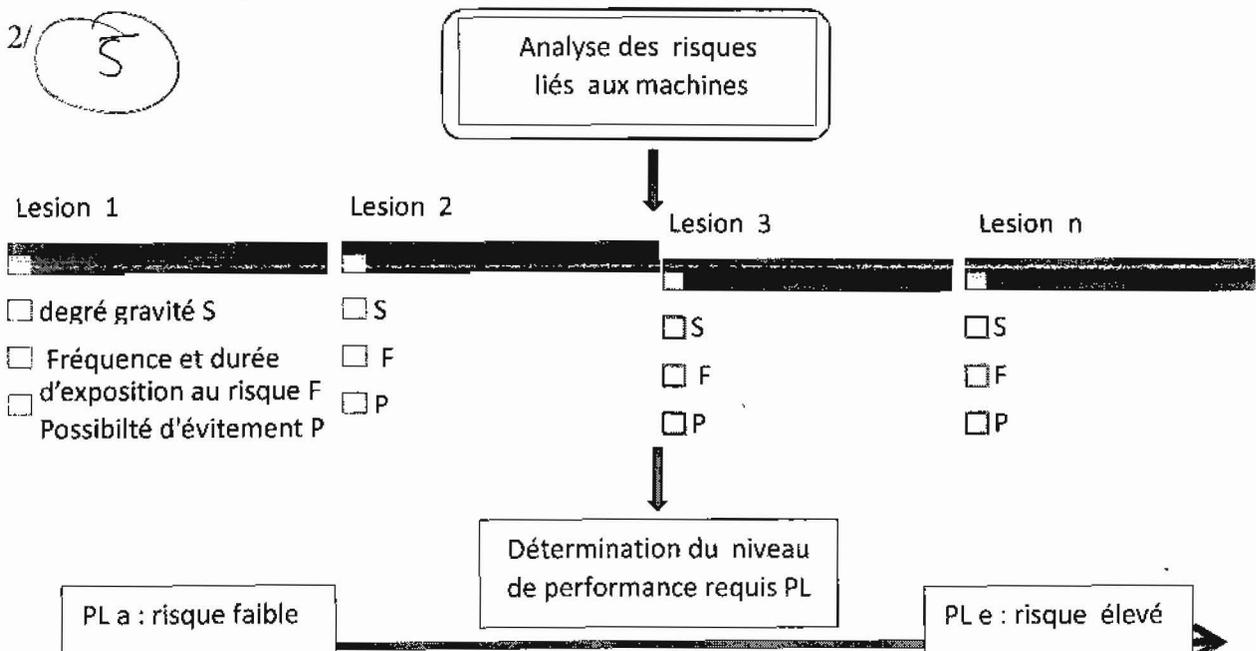
5- Les références normatives, ici indiquée comme reprise intégrale de la norme ISO

6- Corrections ou modification , ici rien n'a été révisé ou modifié

Question 3 (10pts)

1/ cette norme liée à la sécurité dans l'utilisation des machines est : fondamentale, norme de processus, de spécification, norme formelle et c'est une norme de type B.

2/ 5



Contrôle de remplacement en stratégie de maintenance

Exercice 1 : (6 pts)

1.1) Nous distinguons deux principaux domaines d'activités d'un technicien de maintenance.

1. la maintenance de fabrication (ou la maintenance de production) ;
2. la maintenance générale.

Ces deux domaines consistent à :

- a) dépanner : les machines, les systèmes pluri techniques et les matériels dans les meilleurs délais et au meilleur coût.
- b) contrôler et surveiller : les différentes énergies pour les activités de l'entreprise (électricité, air)
- c) réparer et maintenir en état : les bâtiments, le téléphone, la climatisation, les parkings, les jardins
- d) réparer, réviser, rénover, maintenir en état : les machines, les systèmes pluri techniques et les matériels.

Question : faire la correspondance de 1 et 2 avec a, b, c, d

1.2) Nous distinguons quatre formes de la maintenance :

1. les événements qui sont à l'origine de l'action ;
2. les méthodes de maintenance qui leur seront respectivement associées ;
3. les opérations de maintenances proprement dites ;
4. les activités connexes.

Ces différentes formes nécessitent :

- a) maintenance d'amélioration, rénovation, reconstruction, travaux neufs ;
- b) inspection, contrôles, dépannage, réparation ;
- c) la maintenance : préventive systématique, préventive conditionnelle, corrective ;
- d) la référence à un échéancier, la subordination à un type d'événement prédéterminé, l'apparition d'une défaillance.

Question : faire la correspondance de 1, 2, 3 et 4 avec a, b, c, d

1.3) Nous distinguons deux méthodes d'estimation des temps en maintenance :

- a) Estimation globale ; b) Estimation détaillée

Ces estimations sont définies comme :

1. Le principe consiste à déterminer un temps pour l'exécution d'un travail en le décomposant en phases principales, en estimant les temps de chaque phase et en faisant le totale des temps partiels.
2. Le principe consiste à déterminer un temps pour l'exécution d'un travail sans le décomposer en phases mais en se basant sur son expérience propre (maîtrise).
3. La méthode est rapide, économique, permet la tenue d'une charge d'atelier très correcte et se traduit par un pourcentage global d'erreurs de 10 à 20 %.
4. la méthode est plus précise, les écarts (temps passé/temps prévu) peuvent être inférieurs à 10%.

Question : faire la correspondance entre a et b avec : 1 ; 2 ; 3 ; 4

Exercice 2 : (6 pts)

Une machine (système) de production fonctionnant pendant une durée de 500 heures, se compose de quatre composants A, B, C et D montés en série dont les taux de défaillances λ_i sont constants et ayant les $MTBF_i$ respectives suivantes :

$$MTBF_A = 3\,000 \text{ heures} ; MTBF_B = 4\,000 \text{ h} ; MTBF_C = 5\,000 \text{ h} ; MTBF_D = 6\,000 \text{ h}$$

Calculer les performances du système (machine) :

- Taux de défaillance λ_s ; la fiabilité $R_s(t = 500)$ et la $MTBF_s$

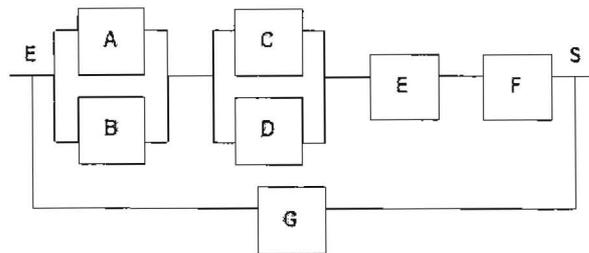
Exercice 3 : (8 pts)

3.1) Soit un système constitué de cinq (5) composants montés en parallèles, tous de même fiabilité ($R = 0.95$) et on tolère pour le système la défaillance de deux (2) composants sur les cinq pour que le système accomplisse sa mission.

- Etablir l'expression reliant la fiabilité du système (R_s) et la fiabilité des composants (R), c'est à dire : $R_s = f(R)$
- Calculer la fiabilité du système R_s

3.2) Soit le système représenté par le schéma ci-dessous : il se compose d'éléments tous de même fiabilité : $R_i = R = 0.8$

Calculer : la fiabilité $R_s(t)$ du système



Bonne chance

Examen: Thermodynamique appliquée.

HARIZI A

Corrigé de l'examen

Exercice n°01 (6pts): 2kg d'air; $V_2 = 1,5 V_1$
 $P_1 = 4 \text{ bars}$; $t_1 = 70^\circ\text{C}$ ($T_1 = 343 \text{ K}$)

points
calcul
0,25

a/ Cas 1: $K=1 \rightarrow$ Détente isothermique $T=\text{cte}$

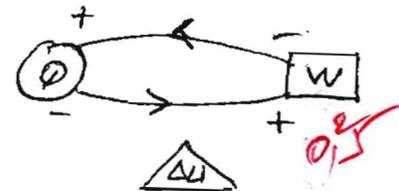
$$T_2 = T_1 = 343 \text{ K}; \frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2} \rightarrow P_2 = P_1 \cdot \frac{V_1}{V_2} = \frac{4}{1,5} = 2,67 \text{ bar}$$

$$\Delta U_{1-2} = 0 \quad (T=\text{cte}), \quad \Delta H_{1-2} = 0 \quad (T=\text{cte}).$$

$$W_{1-2} = -m r T \ln \frac{V_2}{V_1} = -2 \cdot 8,314 \cdot 343 \ln 1,5 = -72,3 \text{ kJ} < 0$$

$$\Delta S_{1-2} = m r \ln \frac{V_2}{V_1} = 0,21 \text{ kJ/K}$$

$$Q_{1-2} = -W_{1-2} = 72,3 \text{ kJ} > 0$$



b/ Cas 2: $K=1,4 = \gamma \rightarrow$ Détente adiabatique

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \rightarrow P_2 = P_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = 4 \cdot \left(\frac{1}{1,5}\right)^{1,4} = 2,27 \text{ bars}$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1} \rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 343 \cdot \left(\frac{1}{1,5}\right)^{0,4} = 291,6 \text{ K}$$

$$\Delta U_{1-2} = m c_v (T_2 - T_1) = m \cdot \frac{r}{\gamma-1} \cdot (291,6 - 343) = 2 \cdot \frac{8,314}{32 \cdot 0,4} (291,6 - 343)$$

$$\Delta U_{1-2} = -66,8 \text{ kJ}$$

$$Q_{1-2} = 0 \quad (\text{adiabatique}).$$

$$W_{1-2} = \Delta U_{1-2} = -66,8 \text{ kJ} < 0 \quad (\text{produit}).$$

$$\Delta H_{1-2} = m \cdot c_p (T_2 - T_1) = m \cdot \frac{\gamma r}{\gamma-1} \cdot (T_2 - T_1) = 2 \cdot \frac{1,4 \cdot 8,314}{32 \cdot 0,4} (291,6 - 343) = -93,5 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_{1-2} = 0.$$

Conclusion: le travail produit par la détente isotherme est plus important que celui de la détente adiabatique. Dans la pratique il serait étonnant de réaliser au cours des détentes (Turbines) des réchauffages intermédiaires pour avoir plus de travail.

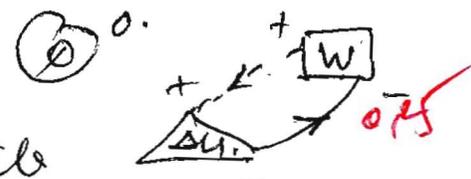
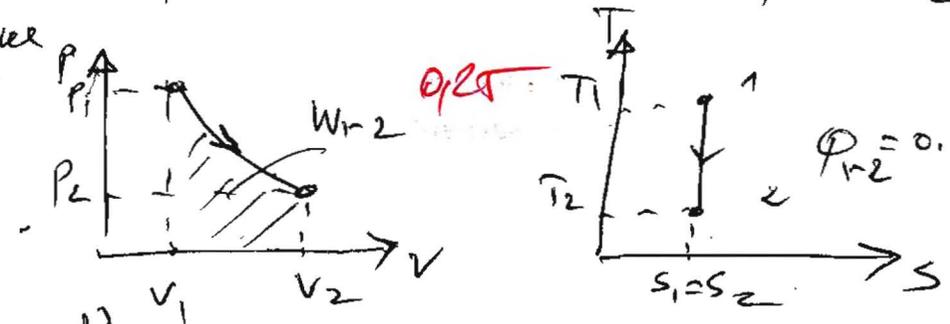


Diagramme: 180 theme (T=cte)



adiabatique



Exercice n°2 (5pts)

$$S_1 \left\{ \begin{array}{l} T_1 = 240K, T_2 = 100K \\ \Phi_1 = 120J > 0; \Phi_2 = -40J < 0 \end{array} \right. S_2$$

a/ 1. Comportement de M:

$$W = -(\Phi_1 + \Phi_2) = -(120 - 40) = -80J < 0 \quad 0,15$$

donc travail produit, alors M se comporte comme un moteur. 0,15

2. pour le savoir écrivons la relation de Clausius:

$$\frac{\Phi_1}{T_1} + \frac{\Phi_2}{T_2} < 0 \quad 0,15 \text{ pour une machine irréversible}$$

$$\frac{120}{240} - \frac{40}{100} = \frac{1}{2} - \frac{2}{5} = \frac{1}{10} > 0 \quad 0,15 \text{ alors ce cycle n'est pas réalisable. } 0,15$$

b/ $T_1 = 300K$. et M est réversible.

M est tjrs un moteur puisque $W = -80J < 0$. 0,15

$$\frac{\Phi_1}{T_1} + \frac{\Phi_2}{T_2} = \frac{120}{300} - \frac{40}{100} = \frac{4}{10} - \frac{4}{10} = 0 \quad \text{donc le } 0,15$$

Cycle est réalisable pour M réversible et son rendement devient $\eta_0 = \frac{|W|}{\Phi_1} = \frac{80}{120} = 66,6\%$. 0,15

a/ écrivons la relation de Clausius:

$$\underbrace{\left(\frac{\Phi_1}{T_1} + \frac{\Phi_2}{T_2} \right)}_{\text{vérifié}} + \frac{\Phi_3}{T_3} = 0 \quad (\text{M réversible}) \Rightarrow \frac{\Phi_3}{T_3} = 0 \rightarrow \boxed{\Phi_3 = 0}$$

alors il n'est pas possible de relier M à une 3^{ème} source de chaleur. 0,15

Exercice n°03 (6 pts): $P_1 = 1 \text{ bar}$; $T_1 = 20^\circ\text{C}$

$T_2 = 220^\circ\text{C}$; $T_4 = 400^\circ\text{C}$

• variables d'états aux pts caractéristiques

$$T_1 P_1^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_2 P_2^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \Rightarrow P_2 = P_1 \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{\gamma}{1-\gamma}}$$

$P_2 = 6,17 \text{ bars}$; $\beta = \frac{P_2}{P_1} = 6,17$; $P_4 = P_1 = 1 \text{ bar}$
 $P_3 = P_2 = 6,17 \text{ bar}$

$$T_3 P_3^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_4 P_4^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \rightarrow T_3 = T_4 \left(\frac{P_4}{P_3} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 1132,4 \text{ K}$$

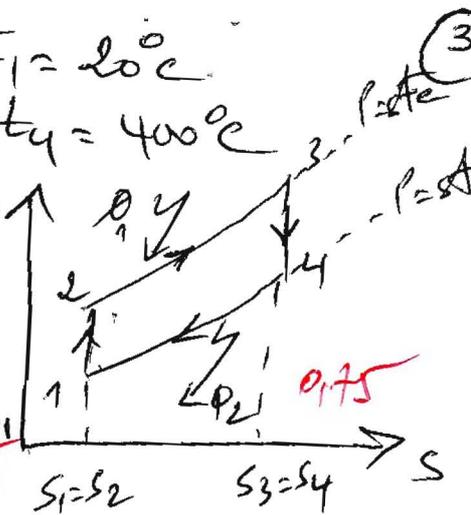
• chaleur apportée: $Q_1 = C_p (T_3 - T_2) = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} (T_3 - T_2)$

$$Q_1 = \frac{114 \cdot 287}{0,4} (1132,4 - 293,15) = 1642,15 \text{ kJ/kg} > 0$$

• chaleur évacuée: $Q_2 = C_p (T_1 - T_4) = -381,7 \text{ kJ/kg} < 0$

• Travail produit: $W = -(Q_1 + Q_2) = -260,4 \text{ kJ/kg} < 0$

• Rendement thermique: $\eta_{th} = \frac{|W|}{Q_1} = 40,56 \%$



Questions (3 pts):

voir Cochers.

MAAMERI ABD

Examen : Logiciels de simulation en MDF

Problème 1 (10 pts): rayer la phrase incorrecte.

a) Pour qu'un domaine de calcul soit valable, il faut qu'il soit :

- 1) ~~Ouvert~~ 2) Fermé

b) La meilleure maille a :

- 1) Une longueur et largeur égales
 2) ~~Une longueur et largeur Différentes~~
 3) Des angles droits (90°)
 4) ~~Des angles différents de (90°)~~

c) Un maillage uniforme a :

- 1) La même forme des mailles
 2) ~~Des formes différentes de mailles~~
 3) Les mêmes dimensions des mailles
 4) ~~Des dimensions de mailles différentes~~

d) Un maillage structuré a :

- 1) La même forme des mailles
 2) ~~Des formes différentes de mailles~~
 3) Les mêmes dimensions des mailles
 4) Des dimensions de mailles différentes

e) On raffine un maillage :

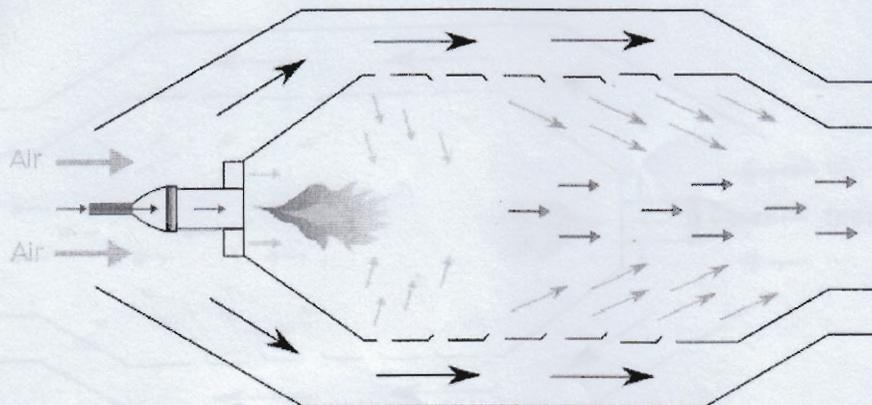
- 1) Pour capter les variations rapides
 2) Pour réduire les erreurs de calcul
 3) ~~Loin des parois solides~~
 4) ~~Près de l'axe~~

f) On ne raffine pas le maillage

- 1) Pour réduire le calcul
 2) Pour gagner la mémoire
 3) A la sortie
 4) ~~A l'entrée~~

Problème 2 (10 pts):

- 3 → 1) Citer les étapes principales de dessin et maillage d'un domaine quelconque,
 2 → 2) Donner le dessin simplifié de la figure ci-dessus,
 1 → 3) Montrer les zones à raffiner sur le schéma,
 2 → 4) Citer les différentes dénominations des limites (exp : velocity inlet, ...),
 2 → 5) Quelles sont les différentes étapes principales à réaliser sur fluent,



- Carburant
 → Air de combustion
 → Air compresseur
 → Gaz brulés
 → Air de dilution