

2017 - 05 - 21

المدة: 1 ساعة و 30 د

مقياس: Math (4)

جامعة قسنطينة 01

قسم العلوم والتكنولوجيا

LMD, ST2

امتحان مقياس رياضيات (4)

التمرين 01: (I): لتكن الدالة المركبة f حيث:

$$f(z) = (x^2 - y^2) + i \sin(x+y)$$

1 عين الدوال الحقيقية: $u(x,y)$ و $v(x,y)$

2 أ حسب: $\frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}, \frac{\partial v}{\partial x}, \frac{\partial v}{\partial y}, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}$

3 هل الدالة f هولومورفية (تحليلية) وهل الدالة $u(x,y)$ توافقية؟

(II): أ حسب: $\oint \frac{e^z - 1}{z^2(z-3)} dz$ في الحالتين:

(a) $\gamma: |z-1| = \frac{1}{2}$, (b) $\gamma: |z|=2$

التمرين 02: (I): عين ميدان تقارب السلسلة التالية:

$$\sum_{n=0}^{+\infty} \left(\frac{5}{7}\right)^n (z+6)^n + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{zn}}{(z+6)^n}$$

(II) لتكن الدالة:

$$f(z) = \frac{8}{(z-2)(z-5)}$$

- أنشر الدالة f في سلسلة تايلور حوار النقطة $z_0 = 0$

سؤال نظري:

لتش f دالة حقيقية في سلسلة لوران حوار نقطة معينة z_0 ما هو الشرط والميدان المناسبين لتشر هذه السلسلة؟

الحل النموذجي

Math04 امتحان

المسألة ①: 12pt
 $f(z) = (x^2 - y^2) + i \sin(x+y)$

① لدينا: $u(x,y) = x^2 - y^2$, $v(x,y) = \sin(x+y)$ (0.15)

②

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial x} = 2x \\ \frac{\partial u}{\partial y} = -2y \end{cases} \quad , \quad \begin{cases} \frac{\partial v}{\partial x} = \cos(x+y) \\ \frac{\partial v}{\partial y} = \cos(x+y) \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 2 \\ \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = -2 \end{cases}$$

③ : f دالة هولومورفية إذا كان:

- (a) u و v قابلين للإستقامة
- (b) u و v يحققان معادلتَي كوشي ريمان

(a) نلاحظ أن u و v قابلين للإستقامة (0.15)

(b) معادلتَي كوشي ريمان:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y} \quad \text{--- ①} \\ \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x} \quad \text{--- ②} \end{cases}$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 2x, \quad \frac{\partial v}{\partial y} = \cos(x+y)$$

نلاحظ أن: $\frac{\partial u}{\partial x} \neq \frac{\partial v}{\partial y}$ (0.15)

المعادلة ① غير صحيحة إذن f ليست هولومورفية ①

* $u(x,y)$ دالة توافقية إذا حقت معادلة لابلاس

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0 \quad (0.15)$$

$$\Delta u = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 2 - 2 = 0$$

إذن $u(x,y)$ دالة توافقية

$$\oint_{\gamma} \frac{e^z - 1}{z^2(z-3)} dz \quad ; \quad \textcircled{\text{II}}$$

① مجموعة التعريف:

$$z^2(z-3) = 0 \Leftrightarrow z^2 = 0 \vee (z-3) = 0$$

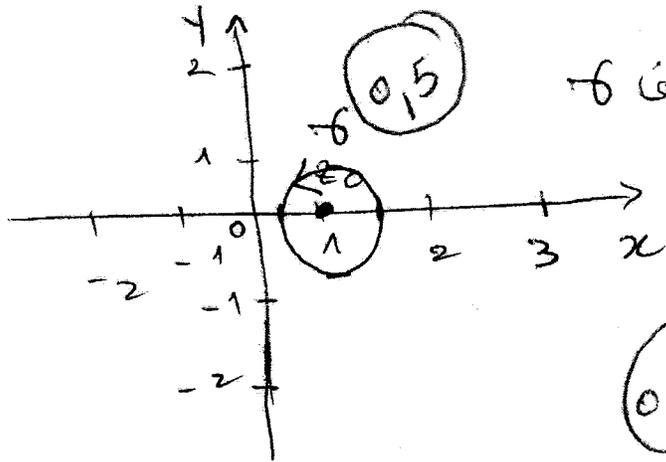
$$\Leftrightarrow z_1 = 0 \vee z_2 = 3$$

$$D_f = \mathbb{C} - \{0, 3\} \quad \textcircled{0,5}$$

* رسم الكفاف: $\gamma: |z-1| = \frac{1}{2}$ دائرة مركزها $z_0 = 1$

ونصف قطرها $\frac{1}{2}$

تلاحظ أن:



بقعان خارج الكفاف $\left. \begin{array}{l} z_1 = 0 \\ z_2 = 3 \end{array} \right\}$

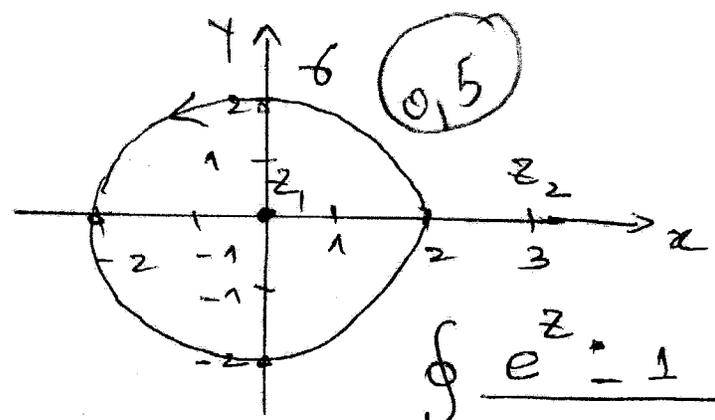
① $f(z) = e^z - 1$ تحليلية في \mathbb{C}

$$\oint_{\gamma} \frac{e^z - 1}{z^2(z-3)} dz = 0 \quad \text{لأن} \quad \textcircled{0,5}$$

* رسم الكفاف: $\gamma: |z| = 2$ دائرة مركزها $z_0 = 0$

و $r = 2$

تلاحظ أن:



$z_1 = 0$ يقع داخل $\textcircled{0,5}$
 $z_2 = 3$ يقع خارج γ

$$\oint_{\gamma} \frac{e^z - 1}{z^2(z-3)} dz = \int_{\gamma} \frac{e^z - 1}{z^2} dz = \int_{\gamma} \frac{f(z)}{(z-z_0)^{n+1}} dz$$

لدينا: $f(z) = \frac{e^z - 1}{z-3}$ تحليلية داخل γ وعلى حد γ $\textcircled{0,5}$

اذن حسب صيغة تكامل كوشي المعقدة :

$$\oint_{\gamma} \frac{e^z - 1}{z^2(z-3)} dz = \frac{2\pi i}{n!} f^{(n)}(z_0)$$

$$= \frac{2\pi i}{1!} f^{(1)}(0) \quad (0, 1, 5)$$

$$f(z) = \frac{e^z - 1}{z-3} \Rightarrow f^{(1)}(z) = \frac{e^z(z-3) - (e^z - 1)}{(z-3)^2}$$

$$= \frac{e^z(z-3) - e^z + 1}{(z-3)^2} \quad (0, 1, 7)$$

$$\Rightarrow f^{(1)}(0) = -\frac{3}{9} = -\frac{1}{3} \quad (0, 1, 5)$$

$$\oint_{\gamma} \frac{e^z - 1}{z^2(z-3)} dz = 2\pi i \left(-\frac{1}{3}\right) = -\frac{2\pi i}{3} \quad (0, 1, 8)$$

التقريبين (0, 2) δ_{pt}

$$\sum_{n=0}^{+\infty} \left(\frac{5}{7}\right)^n (z+6)^n + \sum_{n=1}^{+\infty} \frac{e^{-in}}{(z+6)^n}$$

جزء الصحيح جزء النفاذ

① حساب R نصف قطر تقارب الجزء الصحيح :

حسب كوشي : (أو حسب المبر)

$$R = \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n|}} \quad a_n = \left(\frac{5}{7}\right)^n, \quad z_0 = -6$$

(0, 2, 8)

$$R = \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{\left| \frac{5^n}{7^n} \right|}} = \frac{1}{\lim_{n \rightarrow \infty} \left| \frac{5}{7} \right|^{\frac{1}{n}}}$$

$$R = \frac{1}{\frac{5}{7}} = \frac{7}{5} \quad (0,5)$$

حساب ρ : نصف قطر تقارب الجزء الثاني للوران:

$$\rho = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|a_n|} \quad (0,25) \quad a_n = e^{in}$$

$$\rho = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{|e^{in}|} = \lim_{n \rightarrow \infty} |e^{in}|^{\frac{1}{n}}$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} |e^i| = 1$$

$$\rho = 1, \quad R = \frac{7}{5}$$

بما أن $R > \rho$ فإن السلسلة متقاربة $(0,5)$

$$f(z) = \frac{8}{(z-2)(z-5)}$$

$$D_f = \mathbb{C} - \{2, 5\} \quad (0,5) \quad z_0 = 0$$

نحو R نحواً صغيراً ما $z_0 = 0$ $|z-0| = |2| = 2$

$|z-0| = |5| = 5$

$$R = 2$$

f تحليلية في $\mathbb{C} - \{2, 5\}$

(0,2)

اذن في القرص $|z-0| < 2$ يمكن نشر الدالة f

نشر الدالة f :

$$f(z) = \frac{8}{(z-2)(z-5)}$$

تفكيك الدالة:

$$\frac{8}{(z-2)(z-5)} = \frac{A}{z-2} + \frac{B}{z-5}$$

(0,2)

$A = -\frac{8}{3}$

$B = \frac{8}{3}$

$$\Rightarrow f(z) = -\frac{8}{3} \left(\frac{1}{z-2} \right) + \frac{8}{3} \left(\frac{1}{z-5} \right)$$

$$= \frac{8}{3} \left[\frac{1}{z-5} - \frac{1}{z-2} \right]$$

نشر $\frac{1}{z-5}$

$$\frac{1}{1-T} = \sum_{n=0}^{\infty} T^n, \quad |T| < 1$$

$$\frac{1}{z-5} = \frac{1}{-5 \left(1 - \frac{z}{5} \right)} = -\frac{1}{5} \left(\frac{1}{1 - \frac{z}{5}} \right)$$

لدينا : من القرص $|z| < 2$ ومنه $\left| \frac{z}{5} \right| < \frac{2}{5} < 1$

(0,2)

اذن $|z| < 2$

$$\frac{1}{z-5} = -\frac{1}{5} \left[\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{z}{5} \right)^n \right] = \sum_{n=0}^{\infty} -\frac{1}{5^{n+1}} z^n, \quad \left| \frac{z}{5} \right| < 1$$

$$\frac{1}{z-5} = \sum_{n=0}^{\infty} -\frac{1}{5^{n+1}} z^n, \quad |z| < 5$$

نُسْر $\frac{1}{z-2}$

$$\frac{1}{z-2} = \frac{1}{-2 \left(1 - \frac{z}{2}\right)} = -\frac{1}{2} \left(\frac{1}{1 - \frac{z}{2}} \right)$$

نبرهذ أن $\left|\frac{z}{2}\right| < 1$

لدينا في القرص الخويل $|z| < 2$ ومنه $\left|\frac{z}{2}\right| < 1$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{z-2} = -\frac{1}{2} \sum_{n=0}^{+\infty} \left(\frac{z}{2}\right)^n = \sum_{n=0}^{\infty} -\frac{1}{2^{n+1}} z^n, \quad \left|\frac{z}{2}\right| < 1$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{z-2} = \sum_{n=0}^{+\infty} -\frac{1}{2^{n+1}} z^n, \quad |z| < 2$$

ومنه نُسْر الدالة هو:

$$f(z) = \frac{8}{3} \left[\sum_{n=0}^{+\infty} -\frac{1}{5^{n+1}} z^n - \sum_{n=0}^{+\infty} -\frac{1}{2^{n+1}} z^n \right], \quad |z| < 2$$

$$f(z) = \sum_{n=0}^{+\infty} -\left(\frac{8}{3 \cdot 5^{n+1}} - \frac{8}{3 \cdot 2^{n+1}} \right) z^n, \quad |z| < 2$$

السؤال النظري: إذا كان f تحليلية في المنطقة $R < |z-z_0| < R$ فإن f تقبل النُسْر في منطقة لوران حول z_0

الشرط: f تحليلية في المنطقة $R < |z-z_0| < R$
 المبرهان: هو المنطقة $R < |z-z_0| < R$



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة
UNIVERSITE FRERES MENTOURI
CONSTANTINE

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



كلية علوم التكنولوجيا
Faculté des Sciences de la Technologie
de la Technologie

Contrôle

Fabrication Mécanique

Durée 01h30 min

(2^{ème} ST_B)

Questions :

1. Quelles sont les caractéristiques principales à prendre en compte dans la relation du procédé de fabrication avec la pièce et le matériau ? 04pts
2. Quels sont les critères de choix des paramètres de coupe ? 02pts
3. Expliquer le principe d'enlèvement de matière en usinage. 02pts
4. Citer les organes principaux d'un tour. 03pts
5. Comment on définit le sens de l'outil de coupe de tournage ? 02 pts
6. Quels sont les avantages et les inconvénients du taillage des engrenages avec un outil pignon ? 04pts
7. Comment on classe les procédés de formage des métaux ? 03pts

Bon courage

1) Forme que l'on veut obtenir → Réalisation des différents types de formes

→ compatibilité des dimensions attendues avec le procédé.

→ capacité du procédé vis à vis des spécifications dimensionnelles et géométrique

b) Matériau utilisable → Aptitude du procédé à mettre en œuvre le matériau

c) coût des pièces : → coût de l'outillage, de fabrication

2) Type de machine :

- puissance de la machine

- Matière de la pièce

- opération d'usinage

- Forme de l'outil

- Matière de l'outil

V_c : vitesse de coupe

F : vitesse d'avance

a : profondeur de passe

3) L'enlèvement de matière est obtenu par une action mécanique de compression jusqu'à cisaillement

mettant en œuvre un outil coupant en contact avec la pièce à usiner, il faut que l'outil soit plus dur que la pièce

4) Les organes principaux d'un tour :

(BPTS) bâti, Le banc, glissières, pompe fixe, pompe mobile,
Le trainard, chariot transversal, chariot porte-outil,
La tourelle, tablot des avances

5) Le sens de l'outil est défini par la position de l'arête principale de coupe (S) dans les conditions suivantes :

outil tenu verticalement, bec en bas, avec sa face de coupe (A0) en face de l'observateur.

(A.P.T) l'outil est à droite si (S) est à droite
l'outil est à gauche si (S) est à gauche.

6) avantage : il faut un peu de distance ^{en} entrée pour mettre l'outil à vitesse souhaitée et un peu d'espace en sortie pour l'arrêter.

7) Inconvénient :

- Réalisée sous huile entière (lubrification)
- chocs importants sur les outils
- Le temps de cycle est très important.

7)

(BPTS) Déformation par compression

- Laminage
- Forgeage
- Extrusion

Formage des métaux

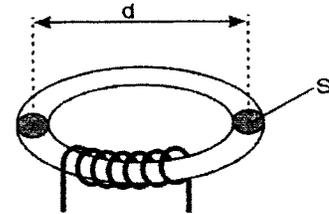
(BPTS) Formage des tôles métalliques

- pliage
- Emboutissage

Contrôle en électricité industrielle

Exercice1 (5pt)

Un circuit magnétique torique possède les caractéristiques suivantes: le diamètre moyen $d = 200 \text{ mm}$, aire de la section droite $S = 300 \text{ mm}^2$ entouré par une bobine de 800 spires. La perméabilité relative du matériau est $\mu_r = 2500$ et la perméabilité du vide $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$.



1. Calculer l'excitation du champ magnétique H pour produire un courant de 2A.
2. Calculer le flux magnétique et déduisez la valeur de la réluctance
3. Quelle est l'intensité du courant à envoyer dans la bobine pour avoir une induction de 0.02 T ?

Exercice2 (5pt)

Un transformateur monophasé a les caractéristiques suivantes:

5 KV/ 230V, 50Hz, $S = 21 \text{ KVA}$, et $P_1 = 18 \text{ KW}$.

La section du circuit magnétique $S = 60 \text{ cm}^2$ et la valeur maximale de l'induction magnétique est $B = 1.1 \text{ T}$. Les pertes fer $P_{\text{fer}} = 250 \text{ W}$.

1. Calculer le nombre de spire N_1 au primaire
2. Calculer le rapport de transformation et le nombre N_2 de spires au secondaire
3. Calculer l'intensité du courant secondaire I_2
4. Calculer le rendement pour $\cos \varphi_2 = 0.83$ et déduisez les pertes joules?

Question de cour (10 pt)

Répondre avec vrai ou faux? et corriger les erreurs?

1. Les appareils électriques suivants sont des récepteurs : Lampe, résistance , moteur
2. La tension en analogie hydraulique est équivalente au débit
3. Un courant triphasé est composé de 3 conducteur (2 phase + neutre)
4. Le manganèse est un matériau diamagnétique.
5. La variation de la f.e.m induite dépend de la variation du flux

Répondre aux questions

1. Faire une analogie entre les circuits électriques et les circuits magnétiques.
2. Expliquer pourquoi on utilise un matériau ferromagnétique dans les circuits électriques?
3. Pourquoi la carcasse du transformateur est feuilletée ?
4. Donner le symbole d'un autotransformateur monophasé et quelle est la différence avec un transformateur normale

Question de com

1 - Vrais (0,5)

2 - Faux (0,5)

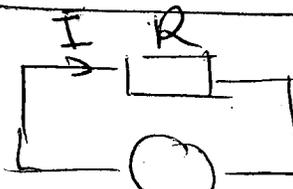
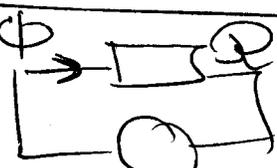
Correction : la tension est analogue à la hauteur (0,5)

3 - Faux (0,5)

Un courant triphasé est composé de 4 conducteurs (3 phase + neutre) (0,5)

4 - Faux (0,5) → Paramagnétique (0,5)

5 - Vrais (0,5)

① Circuit électrique	Circuit hydraulique
	
$U : f.e.m$ (0,5)	$NI, F.m.m$ (0,5)
$R : \text{résistance}$ (0,5)	$\mathcal{R} : \text{réductance}$ (0,5)
Loi d'Ohm $U = RI$ (0,5)	Loi d'Hopkinson $NI = \mathcal{R}\Phi$ (0,5)

Corrigé type du contrôle électricité industrielle

Exercice 1

$$d = 200 \text{ mm}, N = 800 \text{ spire}$$

$$S = 300 \text{ mm}^2, \mu_r = 2500$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$$

① Calcul de l'excitation H

$$B = \mu \cdot H$$

$$H \cdot L = NI$$

$$H = \frac{NI}{L} = \frac{800 \cdot 2}{0,62}$$

$$L = 2\pi R = 2\pi \frac{d}{2} = 0,62 \text{ m}$$

$$H = 2546,47 \text{ At/m}$$

② Calcul du flux

$$\phi = B \cdot S = \mu \cdot H \cdot S$$

$$B = \mu \cdot H$$

$$\phi = \mu_r \mu_0 \cdot H \cdot S$$

$$= (2500) \cdot (4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot (2546,47) \cdot (300 \cdot 10^{-6})$$

$$B = (2500 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot 2546,47$$

$$R = 2\pi R \cdot \mu_r \mu_0$$

$$\phi = 0,0023 \text{ Wb} \\ \approx 24 \cdot 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$R = ?$$

$$NI = \phi R$$

$$\Rightarrow R = \frac{NI}{\phi}$$

$$R = \frac{800 \cdot 2}{24 \cdot 10^{-4}}$$

$$R = 666666,66 \frac{\text{At}}{\text{Wb}}$$

③ $I = ?$

$$B = 0,02 \text{ T}$$

$$B = \mu \cdot \frac{NI}{L}$$

$$\Rightarrow I = \frac{BL}{\mu N}$$

$$= \frac{(0,02)(0,62)}{(2500 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}) \cdot 800}$$

$$I = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ A}$$

Exercice 2

$$(1) U_1 = 4,44 \cdot B \cdot S_f \cdot N_1$$

$$N_1 = \frac{U_1}{4,44 \cdot B \cdot S_f} \quad (0,5)$$

$$= \frac{5 \cdot 10^3}{(4,44)(1,4)(60 \cdot 10^{-4}) 50}$$

$$N_1 = 3412 \text{ spires} \quad (0,5)$$

$$(2) m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{230}{5000}$$

$$m = 0,046 \quad (0,25)$$

$$m = \frac{N_2}{N_1} \Rightarrow N_2 = m \cdot N_1$$

$$N_2 = 0,046 (3412)$$

$$N_2 = 157 \text{ spires} \quad (0,5)$$

$$(3) I_2 = \frac{S_2}{U_2} \quad (0,5)$$

$$= \frac{21 \cdot 10^3}{230}$$

$$I_2 = 91,30 \text{ A}$$

(0,5)

(4) Calcul du rendement

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (0,5)$$

$$P_2 = S_2 \cos \phi_2 \quad (0,25)$$
$$= (21 \cdot 10^3) 0,93$$

$$P_2 = 17430 \text{ W}$$

$$P_1 = P_2 + P_{j'} + P_{fer}$$

$$P_1 = 18 \text{ kW}$$

$$\eta = \frac{17430}{18000} \quad (0,5)$$

$$\eta = 0,96 = 96\%$$

$$P_{j'} = P_1 - (P_2 + P_{fer}) \quad (0,25)$$

$$= 18000 - 17430 - 200 \text{ W}$$

$$P_{j'} = 370 \text{ W} \quad (0,25)$$

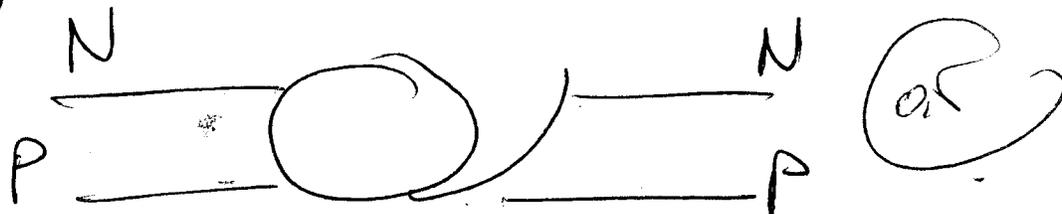
2

- 1 - forte perméabilité relative
- 2 - Pour mieux canaliser le champ magnétique

3

Pour minimiser les courants de Foucault

4



la différence qu'il est composé de 1 seul enroulement.

Question de com

1 - Vrais (0,5)

2 - Faux (0,5)

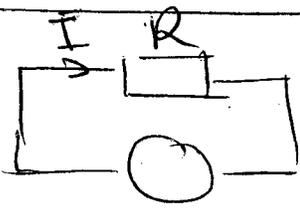
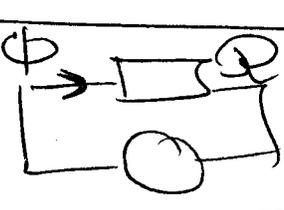
Correction : la tension est analogue à la hauteur

3 - Faux (0,5)

Un courant triphasé est composé de 4 conducteurs
(3 phase + neutre) (0,5)

4 - Faux (0,5) → Paramagnétique (0,5)

5 - Vrais (0,5)

(1) Circuit électrique	Circuit hydraulique
	
U : f.e.m (0,5)	NI, F.m.m (0,5)
R : résistance (0,5)	R : réluctance (0,5)
Loi d'Ohm U = RI (0,5)	Loi d'Hopkinson NI = RΦ (0,5)

2016/2017
2^{ème} année /GM

Université Des Frères Mentouri Constantine1
Département des Sciences et Technologie

Contrôle : Sciences des Matériaux /Corrigé type

Question N° 01 (04 pts): Les traitements thermochimiques sont des traitements thermiques au cours desquels la composition chimique du matériau est modifiée en surface et sur une profondeur variable. Montez la différence entre la cémentation et la nitruration.

Cémentation	Nitruration
<ul style="list-style-type: none"> Aciers (0,25) Diffusion de C (1,25) Tmax 1 050 C° (0,25) Trempe (0,25) Résistance à la fatigue, fatigue de contact sous charge modérée (1,25) La couche cémentée atteint le maximum de dureté environ 800 HV à 900 HV (0,25) Il existe trois types de cémentation : cémentation gazeuse, liquide, solide (0,25) 	<ul style="list-style-type: none"> Aciers, Fontes, Alliages-Titane (0,25) Diffusion de N (1,25) Tmax 600 C° pour acier et fonte et Tmax 800 C° pour titane (0,25) pas de trempe (0,25) Résistance au frottement (grippage, fatigue, corrosion) Augmentation de la dureté en surface (0,25) Il existe trois modes de nitruration : gazeuse, liquide, ionique. (0,25)

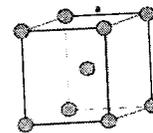
Question N° 02 (04 pts): Déterminez les trois systèmes des structures cristallines et précisez les nombres d'atomes dans chaque type.

Les structures cristallines se limitent aux trois-systèmes suivants :

- Cubique centré (CC), (0,25)
- Cubique à faces centrées (CFC), (0,25)
- Hexagonal compact (HC). (0,25)

Cubique centré (CC) : Deux atomes propres par maille (0,25)

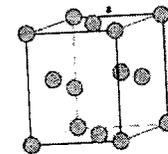
- Un atome central, (0,25)
- Huit atomes comptant pour un huitième atome à chaque sommet



Cubique à faces centrées (CFC) :

Quatre atomes propres par maille : (0,25)

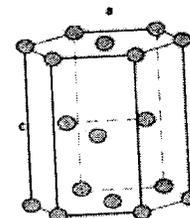
- 8 atomes comptant pour un huitième-atome à chaque sommet (0,25)
- 6 atomes comptant pour un demi-atome à chaque face



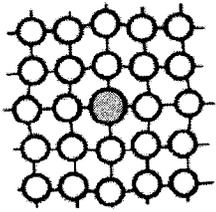
Hexagonal compact (HC) :

6 atomes propres par maille : (0,25)

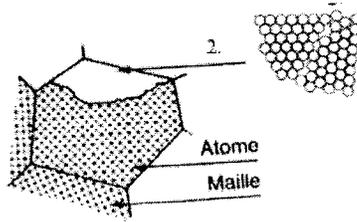
- 12 atomes comptant pour un sixième d'atome à chaque sommet. (0,25)
- 2 atomes comptant pour un demi-atome au centre de chaque base ;
- 3 atomes centraux



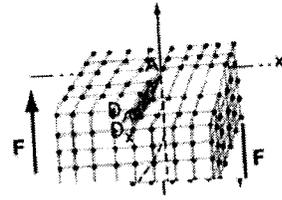
Question N° 03 (03pts): Identifier le type de chaque défaut structural.



1)



2)



3)

1. Défaut ponctuel (Interstitial)
2. Défaut surfacique joint de grain
3. Défaut linéaire dislocation vis

Question N° 04 (04pts): Donnez les différentes phases isothermes d'un diagramme Fer /carbone à cémentite et expliquez la réaction eutectoïde ?

Ferrite α : C'est une solution solide de carbone dans le fer α . Ductile et peu dure ($Re \approx 300$ MPa, $HV \approx 80$, $A \approx 50$ %). Elle est magnétique à la température ordinaire, au microscope la ferrite a l'aspect de grains homogène polyédrique. Elle possède un réseau cubique centré et elle est ferromagnétique jusqu'à 760°C .

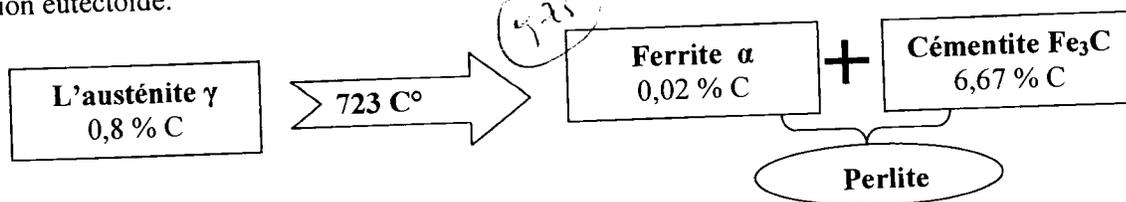
Ferrite δ : solution solide d'insertion de carbone dans le fer δ

Austénite γ : C'est une solution solide de carbone et d'autres inclusions dans le fer γ . La solubilité limite du carbone dans le fer γ est de 2,14%. L'austénite est stable à haute température, elle est peu dure est relativement malléable ($HB = 300$).

Cémentite : La cémentite ou carbone de fer (Fe_3C) est une combinaison chimique de fer et de carbone dont la teneur en carbone peut atteindre 6,67%. Elle est magnétique jusqu'à 210°C et très dure ($HB = 700$) mais fragile.

Pperlite : Mélange eutectoïde d'environ 88 % de ferrite et 12 % de cémentite sous forme de fines lamelles alternées ($Re \approx 800$ MPa, $HV \approx 200$, $A \approx 10$ %).

Réaction eutectoïde : A la température eutectoïde de 723°C se décompose l'austénite γ eutectoïde titrant 0,8% C en formant la ferrite α avec 0,02% C et la cémentite secondaire avec 6,67% C Fe_3C suivant la réaction eutectoïde.



Question N° 05 (03 pts) : Expliquez la désignation normalisée de :

a) EN-GJS 100 U

Fonte grise à graphite sphéroïdal de résistance à la traction minimale 100 N/mm^2 attenante

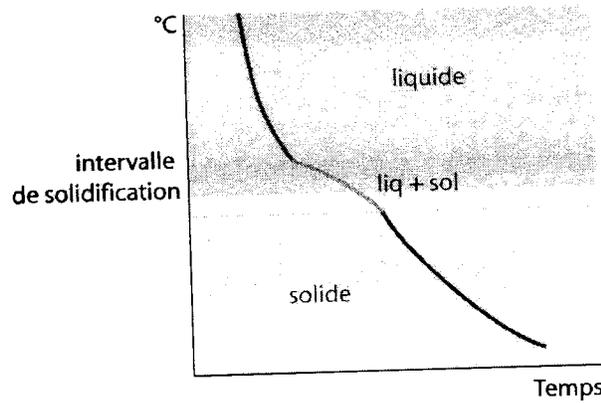
b) 10Cr Mo 8-10

Acier faiblement allié avec une teneur en carbone 0,10%
 $8/4 = 2$ % de chrome
 $10/10 = 1$ % de molybdène

c) E400

Acier de construction mécanique de limite d'élasticité minimale égale à 400 MPa

Question N° 06 (02 pts) : Schématisez la courbe de refroidissement d'un alliage binaire avec explication.



À l'étude de la solidification d'un alliage binaire la courbe laisse apparaître deux points d'inflexion:

Le liquidus : Correspond au début de solidification (apparition du premier cristal solide dans le liquide).

Le solidus : Correspond à la fin de la solidification (disparition des dernières traces de liquide).

Examen de thermodynamique 2

Exercice1 :

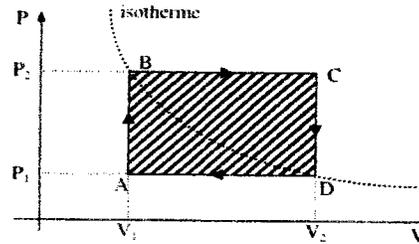
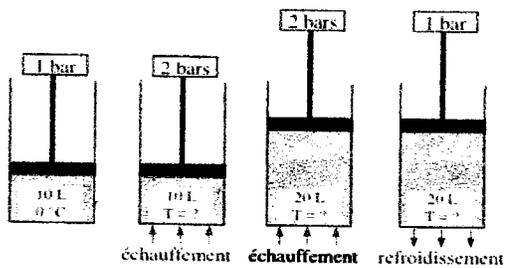
Une certaine masse d'air est enfermée dans un corps de pompe dans les conditions initiales (point A en coordonnées de Clapeyron) $P_1 = 1 \text{ bar}$, $V_1 = 10 \text{ L}$, $T_1 = 273 \text{ K}$. On lui fait subir une série de transformations représentées par le rectangle ABCD ci - dessous. L'ordonnée de B est $P_2 = 2P_1$, l'abscisse de D est $V_2 = 2V_1$.

On donne :

chaleur massique de l'air à pression constante : $C_p = 992 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$;

constante des gaz parfaits $R \approx 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$. $C_p/C_v = \gamma = 1,42$;

Masse molaire de l'air $M = 29 \text{ g/mole}$.



1. calculer le travail effectué graphiquement. Est-ce que c'est un travail reçu ou fourni.
2. Déterminez la température de l'air dans les états B, C et D.
3. Calculez la masse d'air m mise en jeu et déduisez- en les quantités de chaleur mises en jeu pendant les transformations AB, BC, CD et DA.

Exercice2 :

1. Représenter et décrire les allures des principales transformations du corps pur sur un diagramme (T,S).
2. Montrer que pour un corps pur la tangente (à l'isochore) est supérieure à la tangente (à l'isobare) sur un diagramme (T-S)

Exercice3 :

Un gaz est comprimé dans un compresseur.

A l'entrée du compresseur le gaz est à la température $T_1=0^\circ\text{C}$ et à la pression $P_1=5\text{bar}$

A la sortie du compresseur la pression est $P_2=18\text{bar}$, la température est T_2 .le gaz est considéré comme parfait.

1-dans le cas où la compression est adiabatique réversible (isentropique) :

-Donner la relation entre pression et volume lors d'une telle compression del'état 1 à l'état 2.

-en déduire l'expression de T_2/T_1 .

-calculer T_2 à la sortie du compresseur. avec $\gamma=1,21$ et $r=96,1 \text{ J.Kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

2-en réalité la température du fluide à la sortie du compresseur est $T_2'=76,8^\circ\text{C}$.

-calculer l'exposant k de la transformation polytropique associé à cette compression.

-calculer le travail échangé par kilogramme de fluide dans les deux cas : compression isentropique et compression polytropique.

3-la compression étant polytropique, calculer la puissance du compresseur, le débit massique du gaz étant $q_m=87 \text{ g.s}^{-1}$.

Corrigé type

exercice 1: 7,5

On peut résumer les données sur les états:

$$\text{état A} \begin{cases} P_1 = 1 \text{ bar} \\ V_1 = 10 \text{ l} \\ T_1 = 273 \text{ K} \end{cases}$$

$$\text{état B} \begin{cases} P_2 = 2P_1 = 2 \text{ bar} \\ V_2 = V_1 = 10 \text{ l} \\ T_2 = ? \end{cases}$$

$$\text{état C} \begin{cases} P_3 = P_2 = 2P_1 = 2 \text{ bar} \\ V_3 = V_2 = 2V_1 = 20 \text{ l} \\ T_3 = ? \end{cases}$$

$$\text{état D} \begin{cases} P_4 = P_1 = 1 \text{ bar} \\ V_4 = V_2 = 2V_1 = 20 \text{ l} \\ T_4 = T_2 = ? \end{cases}$$

1) $w =$ surface hachurée $\Rightarrow w = \Delta V \cdot \Delta P$.

$$w = (V_1 - V_2) \cdot (P_2 - P_1) \quad (0,5)$$

$$w = -P_1 V_1 \rightarrow w = -1 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = \boxed{-1 \text{ kJ}} \quad (0,5)$$

* le signe négatif (sens du cycle) c'est un travail fourni. (0,5)

$$* P_2 V_2 = n R T_2$$

$$P_1 V_1 = n R T_1 \Rightarrow T_1 = \frac{P_1 V_1}{n R} \quad n R = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$\text{d'où : } P_2 V_2 = \frac{P_1 V_1}{T_1} \cdot T_2 \Leftrightarrow T_2 = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} \cdot T_1 \quad (0,5)$$

$$T_2 = \frac{2P_1 \cdot V_1}{P_1 \cdot V_1} \cdot T_1 = \boxed{2T_1 = 546 \text{ K}} \quad (0,5)$$

$$* P_3 V_3 = n R T_3 \quad \text{et } n R = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$\text{d'où : } P_3 V_3 = \frac{P_1 V_1}{T_1} \cdot T_3 \Leftrightarrow T_3 = \frac{P_3 V_3}{P_1 V_1} \cdot T_1 \quad (0,5)$$

$$T_3 = \frac{2P_1 \cdot 2V_1}{P_1 \cdot V_1} T_1 = \boxed{4T_1 = 1092 \text{ K}} \quad (0,5)$$

Comme B et D sont sur la même isotherme on a :

$$\boxed{T_4 = T_2 = 546 \text{ K}} \quad (0,5)$$

$$m = n \cdot M.$$

$$nR = \frac{P_1 V_1}{T_1} \Leftrightarrow n = \frac{P_1 V_1}{RT_1}$$

$$m = \frac{P_1 V_1}{RT_1} \cdot M \quad (0,25)$$

$$= \frac{1 \cdot 10^5 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 273} \cdot 29 \cdot 10^{-3} = \boxed{12,7 \text{ g}} \quad (0,5)$$

* Q_{AB} est échangée sur une isochore. d'où : $Q_{AB} = m C_V \cdot \Delta T$

$$Q_{AB} = m \cdot \frac{C_P}{\gamma} \cdot (T_2 - T_1) \quad (0,5)$$

$$= 12,7 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{992}{1,42} (546 - 273) = \boxed{2,42 \text{ kJ}} \quad (0,25)$$

* Q_{BC} est échangée sur une isobare : d'où $Q_{BC} = m C_P \Delta T$

$$Q_{BC} = m C_P (T_3 - T_2) \quad (0,5)$$

$$= 12,7 \cdot 10^{-3} \cdot 992 (1092 - 546) = \boxed{6,87 \text{ kJ}} \quad (0,25)$$

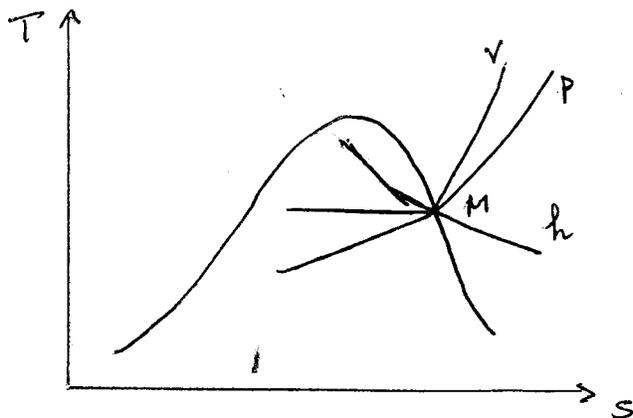
* Q_{CD} est échangée sur une isochore : $Q_{CD} = m \frac{C_P}{\gamma} (T_4 - T_3) \quad (0,5)$

$$Q_{CD} = 12,7 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{992}{1,42} (546 - 1092) = \boxed{-4,84 \text{ kJ}} \quad (0,25)$$

* Q_{DA} est échangée sur une isobare : $Q_{DA} = m C_P \cdot (T_1 - T_4) \quad (0,25)$

$$Q_{DA} = 12,7 \cdot 10^{-3} \cdot 992 \cdot (273 - 546) = \boxed{-3,43 \text{ kJ}} \quad (0,25)$$

exercice 2: (3,5)



(0,75)

isothermes: droites horizontales (0,25)

isentropiques: droites verticales (0,25)

isobares: des arcs d'exponentielles (cas de fluide homogène)
droites horizontales (cas d'un mélange). (0,5)

isochores: des arcs d'exponentielles. la pente de l'isochore est supérieure à celle de l'isobare passant par le point considéré. (0,25)

(2) Soient $(\frac{dT}{ds})_v$ et $(\frac{dT}{ds})_p$ les pentes des tangentes à l'isochore et à l'isobare du point M arbitraire du diagramme (T-s). (0,25)

$$(0,25) T = K e^{\frac{s}{c_p}} \Rightarrow \left(\frac{dT}{ds}\right)_p = \frac{K}{c_p} e^{\frac{s}{c_p}} = \frac{T}{c_p} \quad (0,25)$$

$$(0,25) T = K' e^{\frac{s}{c_v}} \Rightarrow \left(\frac{dT}{ds}\right)_v = \frac{K'}{c_v} e^{\frac{s}{c_v}} = \frac{T}{c_v} \quad (0,25)$$

$$\frac{\left(\frac{dT}{ds}\right)_v}{\left(\frac{dT}{ds}\right)_p} = \frac{\frac{T}{c_p}}{\frac{T}{c_v}} = \frac{c_p}{c_v} = \gamma > 1 \quad (0,25)$$

donc la tangente à l'isochore $(\frac{dT}{ds})_v$ est supérieure à la tangente à l'isobare $(\frac{dT}{ds})_p$ en ce point M.

exercice 3 6pts.

① Compression adiabatique réversible d'un gaz parfait obéit à la loi : $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \sim \textcircled{1}$ $\textcircled{0,5}$

$$P_1 V_1 = n R T_1 \Rightarrow V_1 = \frac{n R T_1}{P_1}$$

$$P_2 V_2 = n R T_2 \Rightarrow V_2 = \frac{n R T_2}{P_2}$$

On remplace V_1 et V_2 dans $\textcircled{1}$:

$$P_1 \left(\frac{n R T_1}{P_1} \right)^\gamma = P_2 \left(\frac{n R T_2}{P_2} \right)^\gamma \quad \textcircled{0,25}$$

$$\text{Soit : } P_1^{1-\gamma} \cdot T_1^\gamma = P_2^{1-\gamma} \cdot T_2^\gamma \quad \textcircled{0,25}$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^\gamma = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1-\gamma} \Rightarrow \boxed{\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}} \quad \text{ou} \quad \boxed{\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}} \quad \textcircled{0,5}$$

$$* T_2 = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \cdot T_1 \quad \textcircled{0,25}$$

$$\textcircled{1} T_2 = \left(\frac{18}{5} \right)^{\frac{1,21-1}{1,21}} \cdot 273 = \boxed{340,96 \text{ K} \approx 341 \text{ K}} \quad \textcircled{0,5}$$

$$\textcircled{2} \frac{T_2'}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \quad \textcircled{0,25}$$

$$\Leftrightarrow \ln \frac{T_2'}{T_1} = \frac{k-1}{k} \ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

$$\Leftrightarrow 1 - \frac{1}{k} = \frac{\ln \left(\frac{T_2'}{T_1} \right)}{\ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)} \quad \textcircled{0,5}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{k} = 1 - \frac{\ln \left(\frac{T_2'}{T_1} \right)}{\ln \left(\frac{P_2}{P_1} \right)}$$

$$\frac{1}{k} = 1 - \frac{\ln \left(\frac{349,8}{273} \right)}{\ln \left(\frac{18}{5} \right)}$$

$$w_{is} = \frac{\gamma r}{\gamma - 1} (T_2 - T_1) \quad (0,5)$$

$$w_{is} = \frac{1,21 \cdot 96,1}{1,21 - 1} (341 - 273) = \boxed{37,65 \text{ kJ/kg}} \quad (0,5)$$

$$\times w_{pol} = \frac{k r}{k - 1} (T_2' - T_1) \quad (0,25)$$

$$w_{pol} = \frac{1,24 \times 96,1}{1,24 - 1} (349,8 - 273) = \boxed{38,13 \text{ kJ/kg}} \quad (0,5)$$

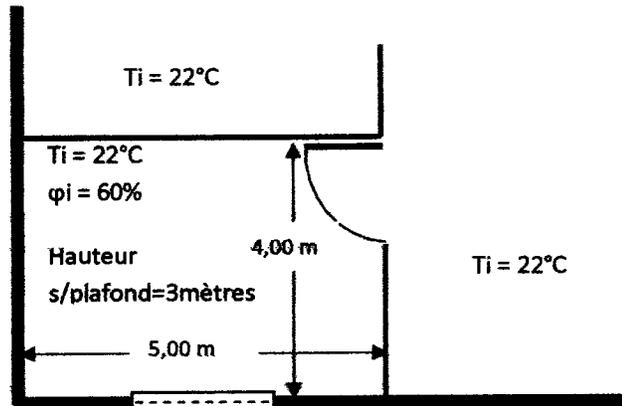
$$\textcircled{3} \quad P = \dot{q}_{in} \cdot w_{pol} \quad (0,25)$$

$$P = 87 \cdot 10^{-3} \cdot 38,13 = \boxed{3,3 \text{ kW}} \quad (0,5)$$

On se propose de faire une étude thermique d'un local dont la température interne est identique (égale) à celles des locaux voisins (tous les locaux qui l'entourent : locaux adjacents + locaux hauts et bas).



$T_e = 0^\circ\text{C}$
 $\phi_e = 50\%$



La composition de la paroi externe du local ainsi que les caractéristiques des matériaux de construction sont données dans le tableau suivant :

Matériaux	épais (cm)	λ (W/m.K)	π (Kg/s.m.Pa)
Enduit de plâtre	1	0,7	$21 \cdot 10^{-12}$
Béton	15	1,7	$1,6 \cdot 10^{-12}$
Enduit de mortier de ciment	1	1,1	$21 \cdot 10^{-12}$

Les spécifications des fenêtres et portes sont données dans le tableau suivant :

	Dimensions « l x h » [m x m]	K [Kcal/hm ² °C]	Perméabilité « a » [m ³ /h]
Fenêtre extérieure à 2 vantaux	1,5 x 1,5	5	3
Porte intérieure	1,0 x 2,2	5	40

- A) Calculer la résistance thermique de la paroi extérieure du local par la méthode allemande puis vérifier la condition de la résistance minimale exigée.
Si la condition de la résistance minimale exigée n'est pas vérifiée pour cette paroi, quelle doit être l'épaisseur de l'isolant, dont la conductivité thermique est égale à 0,025 [W/m.K], pour qu'elle soit thermiquement performante ?
- B) Vérifier le risque de condensation superficielle et dans la masse de la paroi externe du local et tracer le digramme de Glaser.
- C) Faire le bilan thermique du local, en calculant ses déperditions calorifiques par transmission et par ventilation en période hivernale, pour le maintenir à une température intérieure de 22°C lorsqu'il fait 0°C à l'extérieur.

Données :

- Pour une paroi verticale en contact avec l'extérieur :
 $(\Delta\theta_i)_{MAX} = 3,5^\circ\text{C}$; $n=1$; $r_i=1/\alpha_i$; $r_e=1/\alpha_e$
- Caractéristique de local $R=0,9$
- Caractéristique de bâtiment $H=0,84$
- Majoration Z_D (exploitation réduite)=7%

- Tableau des pressions de saturation de vapeur d'eau en fonction de la température

T [°C]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
P_s [Pa]	611	657	705	758	813	872	934	1001	1073	1148	1227	1312	1402	1497	1598	1704	1817	1937	2063	2197	2337	2488	2645

- Calcul de la résistance thermique de la paroi ext.

$$R_{th} = \frac{1}{\alpha_{ci}} + \frac{e_p}{\lambda_p} + \frac{e_B}{\lambda_B} + \frac{e_c}{\lambda_c} + \frac{1}{\alpha_{ce}} \quad r_{ci} = \frac{1}{\alpha_{ci}} = \frac{1}{7 \times 1,16}$$

$$R_{th} = \frac{1}{7 \times 1,16} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{0,15}{4,7} + \frac{0,01}{1,1} + \frac{1}{20 \times 1,16} \quad r_{ce} = \frac{1}{\alpha_{ce}} = \frac{1}{20 \times 1,16}$$

$$R_{th} = 0,278 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \quad (0,5)$$

- Calcul de la résistance exigée minimale.

$$R_{ex, min} = \frac{\eta \cdot (T_c - T_e)}{(\Delta \theta_i)_{max}} \cdot r_{ci} = \frac{1 \times (22 - 0)}{3,5} \times (1,16 \times 7)^{-1}$$

$$R_{ex, min} = 0,774 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{m^2}$$

- vérification de la performance thermique de la paroi.

$$R_{th} = 0,278 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} < R_{ex, min} = 0,774 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \quad (0,5)$$

la condition n'est pas vérifiée.

- Calcul de l'épaisseur de l'isolant.

$$R_{ex, min} = R_{th} + \frac{e_{is}}{\lambda_{is}} \Rightarrow e_{is} = (R_{ex, min} - R_{th}) \cdot \lambda_{is}$$

$$e_{is} = (0,774 - 0,278) \cdot 0,025 = 0,0124 \text{ m} = 1,24 \text{ cm} \approx 2 \text{ cm} \quad (1,0)$$

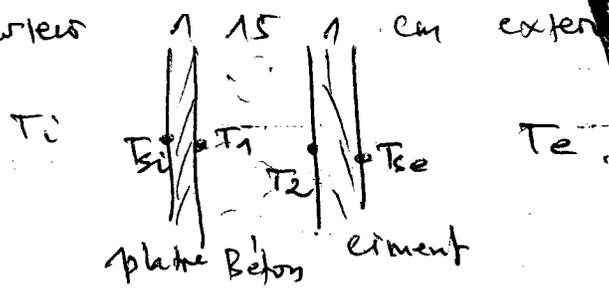
B) vérification du régime de condensation superficielle.

$$\frac{q}{s} = \frac{(T_c - T_e)}{r_{ci} + \sum \frac{e}{\lambda} + r_{ce}} = \frac{22 - 0}{\frac{1}{7 \times 1,16} + \frac{0,01}{0,7} + \frac{0,15}{4,7} + \frac{0,01}{1,1} + \frac{1}{20 \times 1,16}} = \frac{22}{R_{th}}$$

$$q \text{ en } W/m^2 \quad (0,5)$$

$$\frac{q}{s} = \frac{T_i - T_{si}}{r_i} \Rightarrow T_{si} = T_i - r_i \cdot \frac{q}{s}$$

$$T_{si} = 22 - 79,14 \cdot \frac{1}{7 \times 1,16} = 12,27^\circ \text{C}$$



- point de rosée:

$$\left. \begin{array}{l} T_i = 22^\circ \text{C} \\ \varphi_i = 60\% \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{Drog H-X}} T_{\text{rosée}} = 14^\circ \text{C} \quad (1)$$

$T_{si} = 12,27^\circ < T_r = 14^\circ \text{C}$, donc il y a risque de condensation superficielle. (0,5)

- Vérification du risque de condensation dans la masse:

$$\frac{q}{s} = \frac{T_{si} - T_1}{\frac{e_{\text{plâtre}}}{\lambda_{\text{plâtre}}}} \Rightarrow T_1 = T_{si} - \frac{e_{\text{plâtre}} \cdot q}{\lambda_{\text{plâtre}} \cdot s} = 12,27 - \frac{0,01 \cdot 79,14}{0,7 \times 1,16} = 11,14^\circ \text{C} \quad (0,5)$$

$$T_2 = T_1 - \frac{e_{\text{béton}} \cdot q}{\lambda_{\text{béton}} \cdot s} = 11,14 - \frac{0,15 \cdot 79,14}{1,7} = 4,16^\circ \text{C} \quad (0,5)$$

$$T_{se} = T_2 - \frac{e_{\text{ciment}} \cdot q}{\lambda_{\text{ciment}} \cdot s} = 4,16 - \frac{0,01 \cdot 79,14}{1,1} = 3,44^\circ \text{C} \quad (0,5)$$

détermination de Pressions de saturation P_s en fonction de température:

$$T_{se} = 3,44^\circ \text{C} \quad (0,5)$$

T [°C]	P_s [Pa]
3	758
3,44	$P_{sT_{se}}$
4	813

$$\frac{P_x - 758}{813 - 758} = \frac{3,44 - 3}{4 - 3}$$

$$P_{sT_{se}} = 0,44(813 - 758) + 758 = 782,2 \text{ Pa} \quad (0,5)$$

$$P_{sT_2} = 0,16(872 - 813) + 813 = 822,44 \text{ Pa} \quad (0,5)$$

$$P_{sT_1} = 0,14(1402 - 1312) + 1312 = 1324,6 \text{ Pa} \quad (0,5)$$

$$P_{sT_{si}} = 0,27(1497 - 1402) + 1402 = 1427,65 \text{ Pa} \quad (0,5)$$

Détermination des pressions partielles de la vapeur d'eau.

$$\frac{w^0}{s} = \frac{P_{vi} - P_{ve}}{\frac{e_p}{\pi_p} + \frac{e_b}{\pi_b} + \frac{e_c}{\pi_c}} \quad (0,5) \quad , \quad (0,5) \quad P_{vi} = P_{ei} \cdot U_i = 2645 \times 0,6 = 1587 \text{ Pa}$$

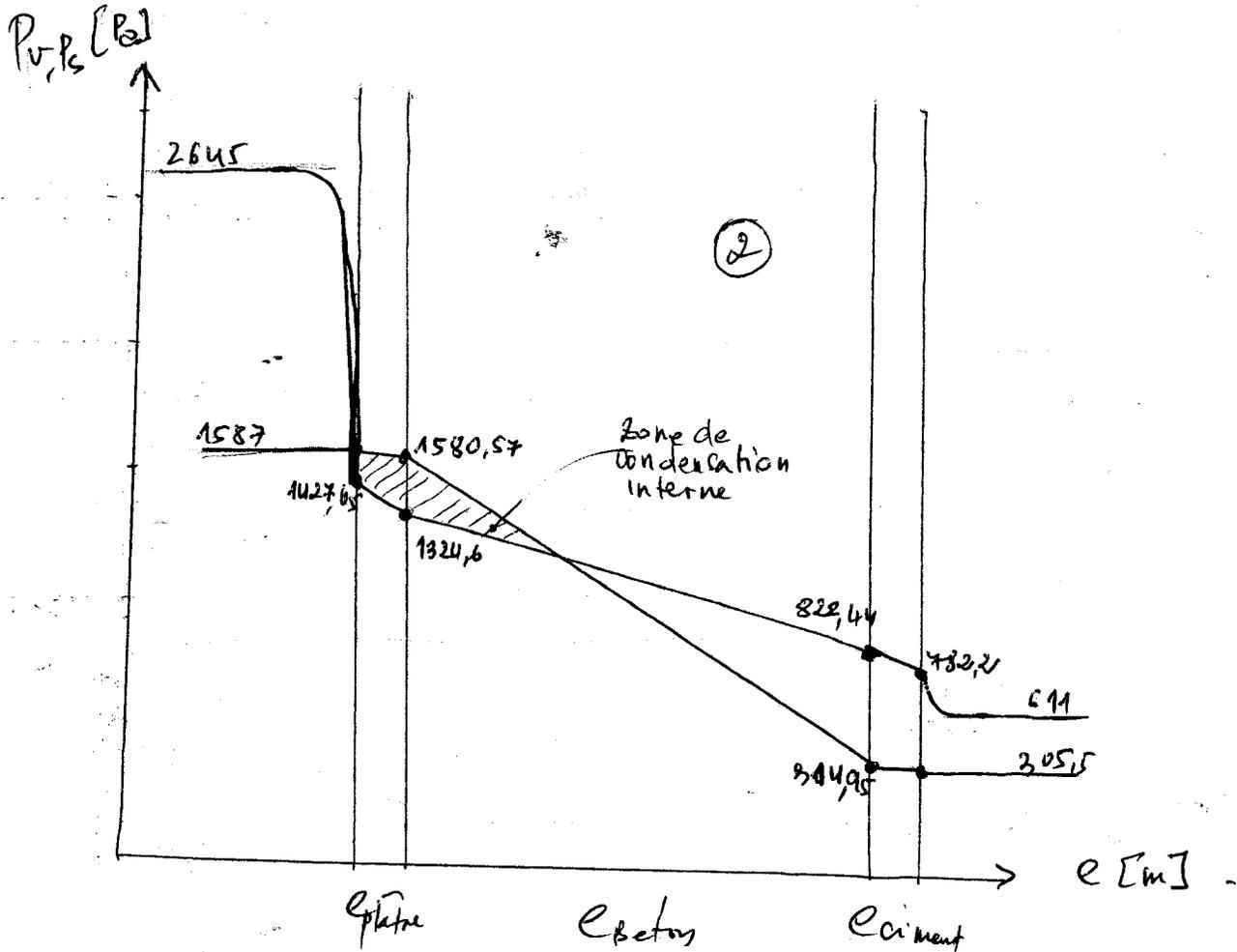
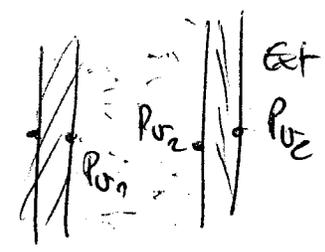
$$P_{ve} = P_{ce} \cdot U_e = 611 \times 0,5 = 305,5 \text{ Pa}$$

$$\frac{m^0}{s} = \frac{1587 - 305,5}{\frac{0,01}{21 \cdot 10^{-12}} + \frac{0,15}{16 \cdot 10^{-12}} + \frac{0,01}{21 \cdot 10^{-12}}} = 1,35 \cdot 10^{-8} \text{ [kg / s m}^2\text{]} \quad (0,5)$$

$$\frac{w^0}{s} = \frac{P_{v1} - P_{v1}}{\frac{e_p}{\pi_p}} \Rightarrow P_{v1} = P_{vi} - \frac{e_p}{\pi_p} \cdot \frac{m^0}{s} \quad (0,5)$$

$$P_{v1} = 1587 = \frac{0,01}{21 \cdot 10^{-12}} \cdot 1,35 \cdot 10^{-8} = 1580,57 \text{ Pa} \quad (0,5)$$

$$P_{v2} = P_{v1} - \frac{e_b}{\pi_b} \cdot \frac{m^0}{s} = 1580,57 - \frac{0,15}{1,6 \cdot 10^{-12}} \cdot 1,35 \cdot 10^{-8} = 314,95 \text{ Pa} \quad (0,5)$$



c) Bilan Thermique du local.

Abbréviation	Orientat°	épaisseur [cm]	Longueur [m]	Largeur [m]	Surface [m ²]	Nombre	Reduction [m ²]	Surface relative [m ²]	k [W/m ² °C]	ΔT [°C]	Q ₀ [W]	Z _H %	Z _D %	Z _E %	Q _{TE} [W]
FEA	Sud	-	1,5	1,5	2,25	1	-	2,25	5	22	287,1	0,5			
MEA	Sud	11	5,0	3,0	15	-	2,25	12,75	3,6	22	1009,8	0,5			
ME	Ouest	11	9,0	3,0	18	-	-	12	3,6	22	950,4	0,5			
											2947,3	-5%	7%	102	2292,25

$$k_{ME} = \frac{1}{R_{th}} = \frac{1}{0,278} = 3,6 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$$

$$Z = 1 + Z_H + Z_D = 1 - 0,05 + 0,07 = 1,02$$

$$Q_{ME} = Q_{00} \times 1,02 = 22 \text{ W/m}^2 \times 1,02 = 2292,25 \text{ W/m}^2$$

$$Q_{UV} = S_{ext} \cdot R \cdot H \cdot (T_{ext} - T_{int}) \cdot Z_e$$

$$= 3,75 \cdot 0,09 \cdot 0,84 \cdot (22 - 9) \times 1,16 = 3,74 \text{ W}$$

$$Q_{dep} = Q_{ME} + Q_{UV} = 2292,25 + 3,74 = 2296,0 \text{ W}$$

total

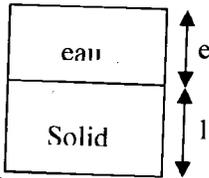
Contrôle mécanique des sols

Questions de cours : (7 point)

- 1- Quelle est la définition des termes suivants :
 - $D_c, I_D, LCPC, VBS$, indices CBR, Densitometre à membrane
- 2) Donner la classification de sol suivant leur comportement ?
- 3) Citez le cycle géologique ?
- 4) Citez l'équation Terzaghi?
- 5) Donner le tenseur de contrainte principales 3D ?
- 6) Démontre les relations :
 - a) $\gamma_s = (1 + e)\gamma_d$
 - b) sol saturé : $\gamma_d = \left[\frac{1}{\gamma_s} - \frac{w}{\gamma_w} \right]$

Exercice N°1 : (5 point)

A) A partir d'un échantillon pour un modèle de sols déterminer l'indice de vides d'un sole sec ?
 La masse volumique apparente $1.67 t/m^3$, la masse des graines solide $2.7 t$



B) un sol a été compacté dans un remblai jusqu'à ce que sa masse volumique totale devienne égale à $1,9 \cdot 10^3 \text{ Kg}/m^3$
 Et sa teneur en eau égale à 12%. La valeur de la densité de ses grains solides est de 2,65. Supposons $V_t = 1m^3$
 1. Calculer la densité sec, l'indice des vides, le degré de saturation, le poids volumique saturé et le teneur en eau de saturation ?
 On prendra : $\gamma_w = 10 \text{ KN}/m^3$ et $g = 10 \text{ m}/s^2$

Exercice N°2 : (3point)

A)Un échantillon de sol a subit une analyse granulométrique dont les résultats sont donnés au tableau 1

Tamis (mm)	5	2	1	0.5	0.2	0.1
Refus partielle (g)	0	250	500	750	500	250
Tamisats (g)	2500	2250	1750	1000	500	250

Tableau 1 : granulométrie du sol

On demande :

1) Tracer la courbe granulométrique déterminer le diamètre efficace ?

B) - Limites d'Atterberg :

Limite de liquidité $\omega_L = 0,4$ et Limité de plasticité $\omega_p = 20 \%$.

1) Classifier ce sol d'après la classification LPC ?

Exercice N° 3 : (5 point)

Trois couches de sol successives à partir du terrain naturel : couche de sable S1 d'épaisseur 2m, couche de sable S2 d'épaisseur 3m et une couche d'argile d'épaisseur 5m . les caractéristiques des différentes couches sont données sur la figure 1

1) calculer les contraintes totales , les contraintes effectives σ' et les pressions interstitielles U aux points A,B et C respectivement milieux des trois couches

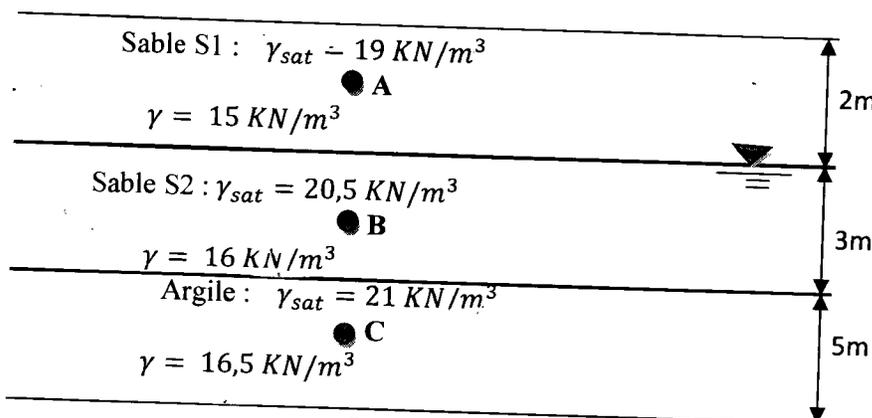
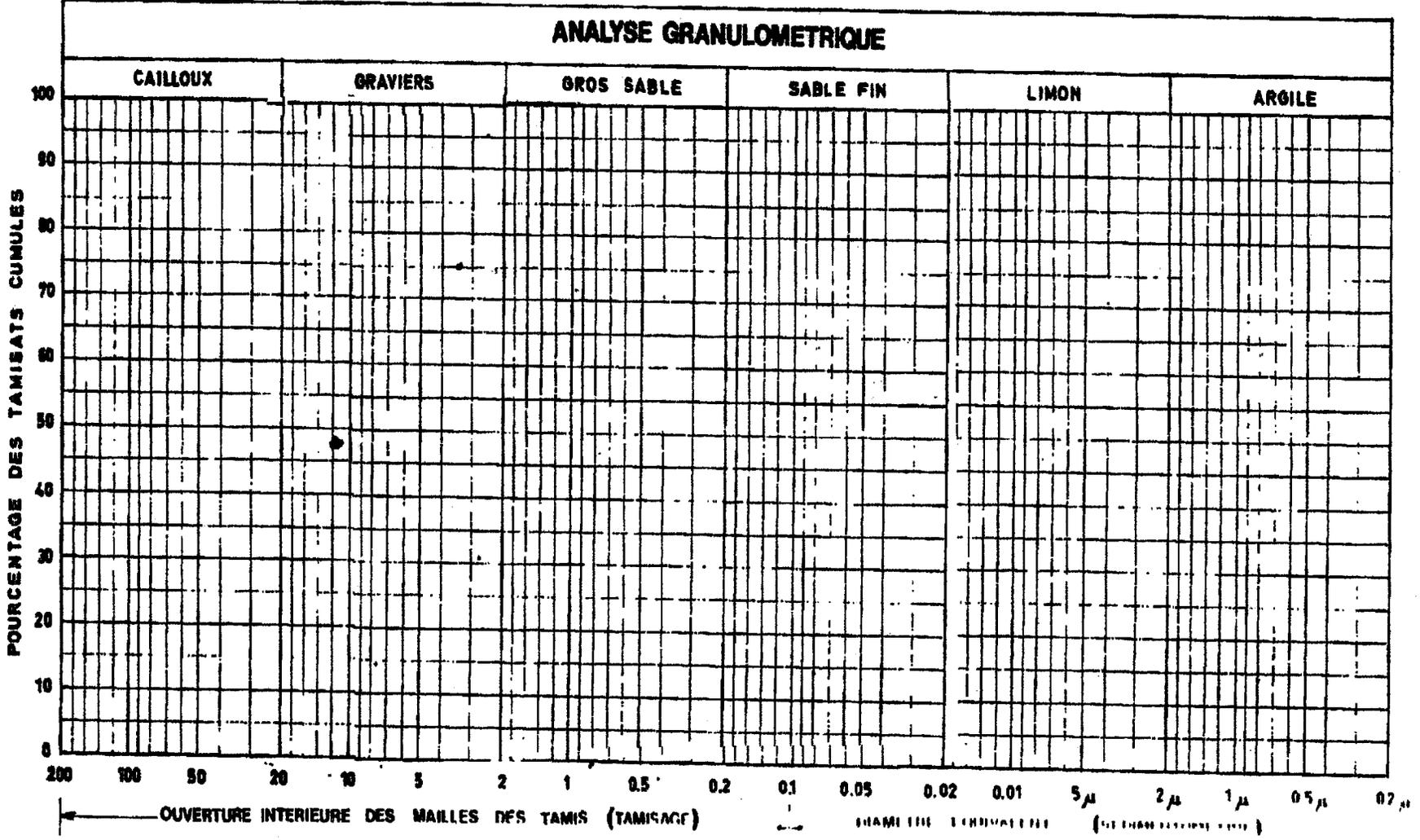


Figure 1 : les différentes couches

Nom :
Prénom :
Groupe :



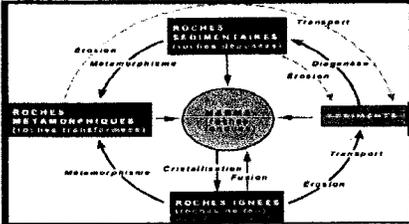
Solution de contrôle mécanique des sols

Question des cours (07 point)

Densité

- Dc : pourcentage de compactage (0.5)
- ID : Indice de densité ou densité relative. (0.25)
- LCPC : laboratoire central des pont et chaussées (0.25)
- VBS : Valeur au bleu de méthylène (0.25)
- indices CBR *Permettant de déterminer Ep* (0.25)
- Densitometre à membrane *Plaque fine* (0.25) *pour déterminer la densité en site*

- 2) la classification de sol suivant leur comportement : *grains fins* (0.5)
3) le cycle géologique (1.25)



4) l'équation Terzaghi (0.5)

$$\sigma = \sigma' + U$$

σ : contraintes totales

U : pression interstitielle

σ' : contraintes effectives *$i\epsilon = \epsilon$*

5) le tenseur de contrainte principales 3D (0.5)

$$\begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{bmatrix}$$

1) Démontre les relations :

a) $\gamma_s = (1 + e)\gamma_d$ (1)

$$\gamma_s = \frac{P_s}{V_s}$$

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

$$V = V_s + V_v$$

$$\gamma_d = \frac{P_s}{V}$$

$$\gamma_s = \gamma_d \frac{V}{V_s}$$

$$\gamma_s = (1 + e)\gamma_d$$

b) sol saturé : $\gamma_d = \left[\frac{1}{\gamma_s - \gamma_w} \right]$ si $\gamma_d = \left[\frac{1}{\gamma_s + \gamma_w} \right]$ POUR (1.5)

$$\gamma_d = \frac{P_s}{V}, V_s = \frac{P_s}{\gamma_s}, V_w = \frac{P_w}{\gamma_w}, V = V_w + V_s \text{ (pour sol saturée)}, P_w = wP_s$$

$$\gamma_d = \left[\frac{P_s}{\frac{P_s}{\gamma_s} + \frac{P_w}{\gamma_w}} \right] = \left[\frac{P_s}{\frac{P_s}{\gamma_s} + \frac{P_s \cdot w}{\gamma_w}} \right]$$

$$\gamma_d = \left[\frac{1}{\frac{1}{\gamma_s} + \frac{w}{\gamma_w}} \right]$$

Exercice N°1 : (5 point)

$e = 0.62$ (2) ; $\gamma_d = \frac{m_s}{V} = \frac{m_s}{1+e} = 1.67 \Rightarrow (1+e) 1.67 = 2.7 \Rightarrow e = \frac{2.7 - 1.67}{1.67} = 0.62$

B)

$$\gamma_h = 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \dots \dots \dots (0.5)$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} = \frac{19}{1+0.12} = 16.96 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \rightarrow Dd = 1,696 \dots \dots \dots (0.5)$$

$$e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1 = \frac{26.5}{16.96} - 1 = 0.562 \dots \dots \dots (0.5)$$

$$s_r = \frac{\gamma_s w}{\gamma_w e} = \frac{26.5 \cdot 0.12}{10 \cdot 0.562} = 0.562 \dots \dots \dots (0.5)$$

Exercice N°2 : (3 point)

$d_{10} = 0.1\text{mm}$ (0.5)

..... (0.5)

ϕ	Refus (g)	Tamisats (g)	Tamisats (%)
5	0	2500	100
2	250	2250	90
1	500	1750	70
0.5	750	1000	40
0.2	500	500	20
0.1	250	250	10

B) $\omega_L = 0,4 = 40\%$ et $\omega_p = 20\%$.

$I_p = \omega_L - \omega_p = 40 - 20 = 20\%$

d'après la classification LPC : le sol est une argile peu plastique..... (0.5)

Exercice N° 3 : (5 point)

En A :

$$\sigma_A = \gamma * 1 = 15 * 1 = 15\text{KN/m}^2 \text{ contrainte totale} \dots\dots\dots (0.5)$$

$$\sigma'_A = \gamma * 1 = 15 * 1 = 15\text{KN/m}^2 \dots\dots\dots (0.5)$$

$$U_A = \gamma_w * 1 = 0 \dots\dots\dots (0.5)$$

En B :

$$\sigma_B = 15 * 2 + 20,5 * 1,5 = 60,75 \text{ KN/m}^2 \text{ contrainte totale} \dots\dots\dots (0.5)$$

$$\sigma'_B = \sigma_B - U_B = 45,75\text{KN/m}^2 \text{ ou } \sigma'_B = 15 * 2 + \gamma'_B * 1,5 = 45,75\text{KN/m}^2 \dots\dots\dots (0.5)$$

$$U_B = \gamma_w * 1,5 = 15\text{KN/m}^2 \dots\dots\dots (0.75)$$

En C :

$$\sigma_c = 15 * 2 + 20,5 * 3 + 21 * 2,5 = 144 \text{ KN/m}^2 \text{ contrainte totale} \dots\dots\dots (0.5)$$

$$\sigma'_c = \sigma_c - U_c = 144 - 55 = 89 \text{ KN/m}^2 \text{ ou } \sigma'_c = 15 * 2 + \gamma'_B * 3 + \gamma'_B * 2,5 = 89 \text{ KN/m}^2 \dots\dots\dots (0.5)$$

$$U_c = \gamma_w * 3 + \gamma_w * 2,5 = 55\text{KN/m}^2 \dots\dots\dots (0.75)$$

ST2/Genie Civil

Contrôle de la Resistance des Materiaux

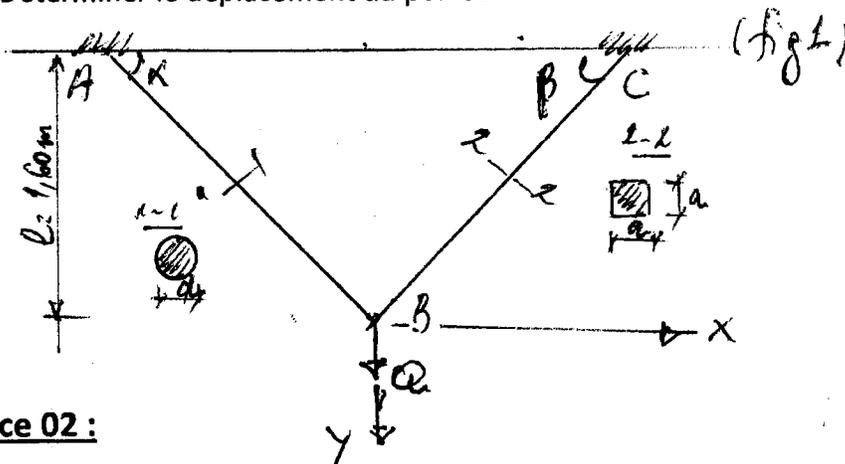
Exercice 01 :

Le système se compose de la barre AB en Acier doux (figure 1)

$E_a = 2 \cdot 10^6 \text{ Kgf/cm}^2$, $(\sigma_a) = 1600 \text{ Kgf/cm}^2$, $\alpha = 30^\circ$, et de la barre CB en bois

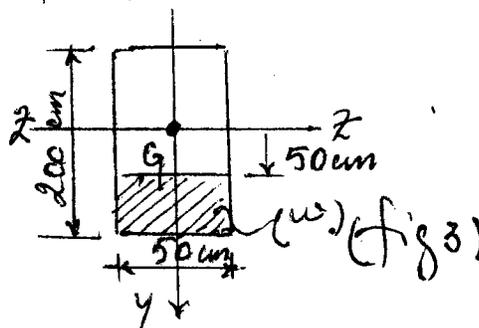
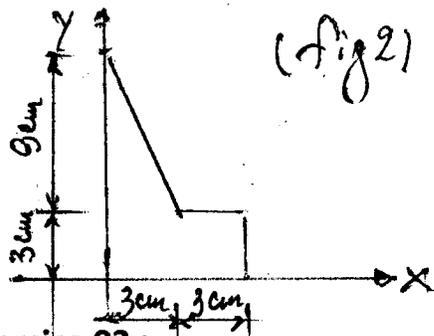
$E_b = 10^5 \text{ Kgf/cm}^2$, $(\sigma_b) = 120 \text{ Kgf/cm}^2$, $\beta = 45^\circ$, $l = 1.60 \text{ m}$, $Q = 3000 \text{ Kgf}$

- Calculer les efforts interieures des barres AB et CB ?
- Determiner les dimensions d et a ?.
- Calculer les déformations absolues des barres AB et CB ?
- Determiner le déplacement du point B ?



Exercice 02 :

- Situer le centre de graviter de la figure 2 ?
- Calculer les moments d'inerties centraux par rapport aux axes x et y ?



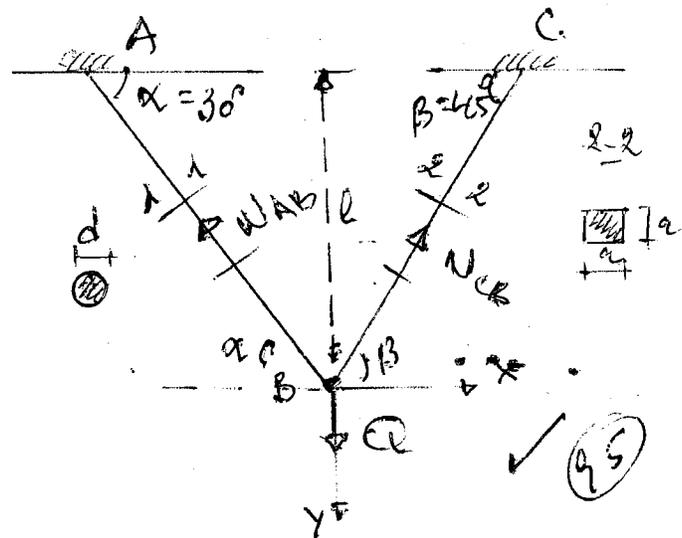
Exercice 03 :

Poutre de section rectangulaire (b * h) supporte un effort tranchant $T = 67.2 \text{ KN}$ et un moment fléchissant $M_f = 11.2 \text{ KNm}$ (figure 3).

- Determiner la contrainte normale et la contrainte tangentielle de la surface hachurée ω ?

Solution du Contact
de la Résistance des Matériaux.

Exercice 1 (7pts)



- Calcul des efforts internes:

N_{AB}, N_{CB}

On applique la méthode des sections sur les barres AB et CB.

la projection des forces est:

$$\sum \vec{F}_x = 0 \Rightarrow N_{CB} \cos \beta - N_{AB} \cos \alpha = 0$$

$$\Rightarrow N_{CB} = N_{AB} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \quad (1) \checkmark$$

$$\sum \vec{F}_y = 0 \Rightarrow -N_{CB} \sin \beta - N_{AB} \sin \alpha + Q = 0$$

$$\Rightarrow N_{CB} \sin \beta + N_{AB} \sin \alpha = Q \quad (2) \checkmark$$

de l'éq. (1) et (2) $\Rightarrow N_{AB} = \frac{Q}{\cos \alpha \tan \beta + \sin \alpha} = 2196,45 \text{ kgf} \checkmark$

et $N_{CB} = 2689,72 \text{ kgf} \checkmark$

- Détermination des dimensions d et a de la contrainte normale si la traction $P_i = \frac{N_i}{A_i}$

soit $P_{AB} = \frac{N_{AB}}{A_{AB}} = \frac{4N_{AB}}{\pi d^2}$ et $P_{CB} = \frac{N_{CB}}{A_{CB}} = \frac{N_{CB}}{a^2}$ ✓

et de la condition de résistance à la traction.

$\Rightarrow P_{AB} \leq [\sigma_{ad}] \Rightarrow \frac{4N_{AB}}{\pi d^2} \leq [\sigma_{ad}] \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{4N_{AB}}{\pi [\sigma_{ad}]}} = 1,32 \text{ cm}$

et $\rho_{CB} = \rho(B) \Rightarrow \frac{N_{CB}}{a^2} \leq \rho(B) \Rightarrow a \geq \sqrt{\frac{N_{CB}}{\rho(B)}} = 4,73a$

on adopte $a = 5 \text{ cm}$ ✓

- Calcul de la déformation absolues Δl_{AB} et Δl_{CB} :

Par def: $\Delta l_i = \frac{N_i l_i}{E_i A_i} \Rightarrow \Delta l_{AB} = \frac{N_{AB} \cdot l_{AB}}{E_{AB} \cdot A_{AB}} = \frac{4N_{AB} \cdot l}{E_a \cdot \pi d^2 \sin \alpha}$ ✓

$\Delta l_{AB} = 0,228 \text{ cm}$ allongement ✓

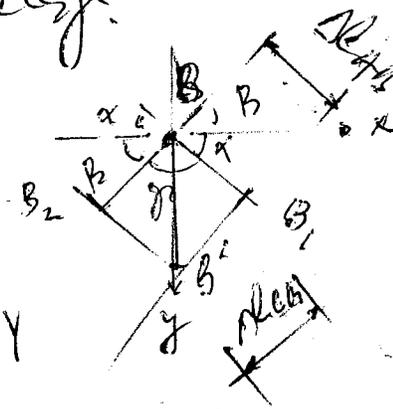
et $\Delta l_{CB} = \frac{N_{CB} \cdot l_{CB}}{E_{CB} \cdot A_{CB}} = \frac{N_{CB} \cdot l}{E_b \cdot a^2 \sin \beta} = 0,243 \text{ cm}$ allongement ✓

- Détermination du déplacement de B:

$\overline{BB'} = \Delta l_B = \sqrt{\Delta l_{AB}^2 + \Delta l_{CB}^2} - 2 \Delta l_{AB} \Delta l_{CB} \cos \gamma$

où $\gamma = 180^\circ - \alpha - \beta = 105^\circ$

$\Rightarrow \overline{BB'} = 0,7 \text{ cm}$



Exercice 2. (6 pts)

- Centre de Gravité de la figure.

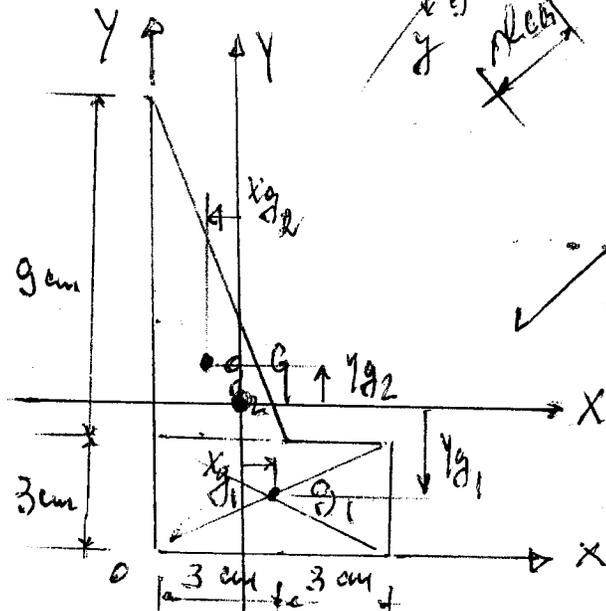
Par def: $G(x_G, y_G)$

où $x_G = \frac{M_{Oy}}{A} = \frac{\sum M_i O y_i}{\sum A_i}$

$x_G = \frac{\sum A_i x_{G_i}}{\sum A_i}$

et $y_G = \frac{M_{Ox}}{A} = \frac{\sum M_i O x_i}{\sum A_i}$

$y_G = \frac{\sum A_i y_{G_i}}{\sum A_i}$



0,25 ✓

On applique la méthode des tableaux.

la figure	$A_i \text{ cm}^2$	$x_{G_i} \text{ cm}$	$A_i x_{G_i}^3 \text{ cm}^3$	$y_{G_i} \text{ cm}$	$A_i y_{G_i}^3 \text{ cm}^3$
①	$3 \times 6 = 18$ ✓	3,0 ✓	54,0 ✓	1,5 ✓	27,0 ✓
②	$(3 \times 9) / 2 = 13,5$ ✓	1,0 ✓	13,5 ✓	6,0 ✓	81,0 ✓
Σ	31,5 ✓		67,5 ✓		108,0 ✓

$$x_G = \frac{67,5}{31,5} = 2,14 \text{ cm}, \quad y_G = \frac{108}{31,5} = 3,43 \text{ cm} \quad ; \quad G(2,14 \quad 3,43) \text{ cm}$$

Les nouvelles coordonnées de la figure ① et ② par rapport au nouvelles axes centraux (x_G, y_G) .

$$S_1 (x_{G_1} = +0,86, y_{G_1} = -1,93) \text{ cm}, \quad S_2 (x_{G_2} = -1,14, y_{G_2} = +2,07) \text{ cm}$$

Calcul des moments d'inertie (centraux) $(I_{Gx}, I_{Gy}, I_{Gxy})$

$$I_{Gx} = \sum_{i=1}^2 I_{iGx} = \sum_{i=1}^2 (I_{x_{G_i}} + A_i y_{G_i}^2) \quad \checkmark$$

$$= \left(\frac{6 \cdot 3^3}{12} + 18 \cdot y_{G_1}^2 \right) + \left(\frac{3 \cdot 9^3}{36} + 13,5 \cdot y_{G_2}^2 \right) = 230,46 \text{ cm}^4 \quad \checkmark$$

$$I_{Gy} = \sum_{i=1}^2 I_{iGy} = \sum_{i=1}^2 (I_{y_{G_i}} + A_i x_{G_i}^2) \quad \checkmark$$

$$= \left(\frac{3 \cdot 6^3}{12} + 18 \cdot x_{G_1}^2 \right) + \left(\frac{9 \cdot 3^3}{36} + 13,5 \cdot x_{G_2}^2 \right) = 91,61 \text{ cm}^4 \quad \checkmark$$

et $I_{Gxy} = \sum_{i=1}^2 I_{iGxy} = \sum_{i=1}^2 (I_{x_{G_i} y_{G_i}} + A_i x_{G_i} y_{G_i}) \quad \checkmark$

$$= \left(I_{x_{G_1} y_{G_1}} + 18 \cdot x_{G_1} y_{G_1} \right) + \left(I_{x_{G_2} y_{G_2}} + 13,5 \cdot x_{G_2} y_{G_2} \right) = -69,73 \text{ cm}^4 \quad \checkmark$$

autre methode:

$$I_{Ox} = \sum_{i=1}^2 I_{iOx} = I_{1Ox} + I_{2Ox} = \frac{b_1 h_1^3}{3} + \frac{b_2 h_2^3}{36} + A_2 \cdot b^2$$
$$= \frac{6 \cdot 3^3}{12} + \frac{3 \cdot 9^3}{36} + 13,5 \cdot 6^2 = 600,75 \text{ cm}^4 \quad \checkmark$$

$$I_{Oy} = \sum_{i=1}^2 I_{iOy} = \frac{h_1 b_1^3}{12} + \frac{h_2 b_2^3}{12} = \frac{3 \cdot 6^3}{12} + \frac{9 \cdot 3^3}{12} = 236,25 \text{ cm}^4 \quad \checkmark$$

$$I_{Oxy} = \sum_{i=1}^2 I_{iOxy} = A_1 \cdot 3 \cdot 1,5 + A_2 \cdot 1 \cdot 6 = 18 \cdot 3 \cdot 1,5 + 13,5 \cdot 1 \cdot 6$$
$$= 162 \text{ cm}^4 \quad \checkmark$$

On applique ensuite la relation de Huygens.

$$I_{Ox} = I_{Gx} + A y_G^2 \Rightarrow I_{Gx} = I_{Ox} - A y_G^2$$

$$I_{Gx} = 600,75 - 31,5 \cdot 3,43^2 = 230,15 \text{ cm}^4 \quad \checkmark$$

$$\text{et } I_{Oy} = I_{Gy} + A x_G^2 \Rightarrow I_{Gy} = I_{Oy} - A x_G^2$$

$$I_{Gy} = 236,25 - 31,5 \cdot 2,14^2 = 91,99 \text{ cm}^4 \quad \checkmark$$

$$\text{et } I_{Oxy} = I_{Gxy} + A x_G \cdot y_G \Rightarrow I_{Gxy} = I_{Oxy} - A x_G \cdot y_G$$

$$I_{Gxy} = 162 - 31,5 \cdot 2,14 \cdot 3,43 = -69,21 \text{ cm}^4 \quad \checkmark$$

EXERCICE 3: (4 pts)

Détermination de la contrainte normale ($\sigma(y)$).

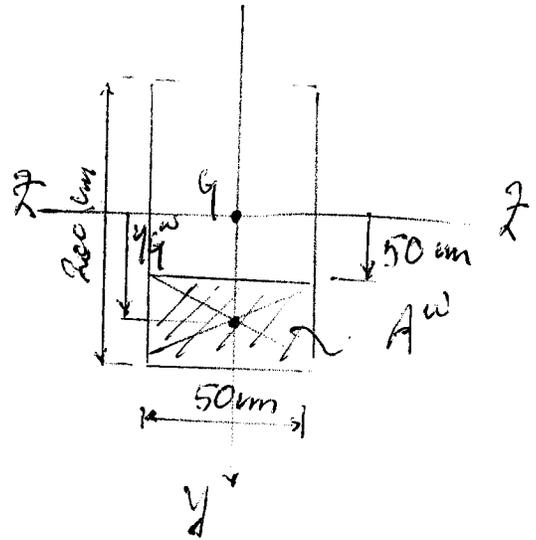
Ron def: $\sigma(y) = \frac{M_f(x)}{I_{Gz}} y$ ✓ (2.5)

Où: $M_f(y) = M_f = 11,2 \text{ kNm}$

$I_{Gz} = \frac{bh^3}{12} = \frac{50 \cdot 200^3}{12} = 3,33 \cdot 10^7 \text{ cm}^4$ ✓

et $-\frac{h}{2} \leq y \leq \frac{h}{2} \Rightarrow y = y_G = 50 + 25 = 75 \text{ cm}$ ✓

$\Rightarrow \sigma(y) = 25,2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} > 0$ ✓



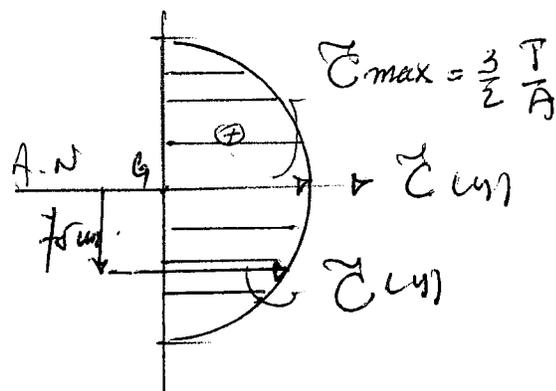
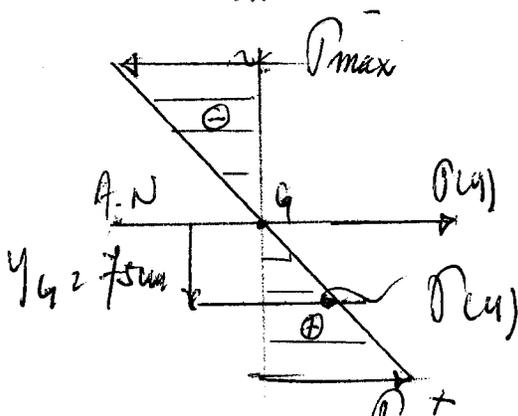
Détermination de la contrainte tangentielle ($\tau(y)$)

Ron def: $\tau(y) = \frac{T(x)}{I_{Gz} b(y)} M_{Gz}^w(y)$ ✓

Où $T(x) = T = 67,2 \text{ kN}$, $b(y) = b = 50 \text{ cm} = \text{cte}$ ✓

et $M_{Gz}^w(y) = A^w y_G^w = 187500 \text{ cm}^3$ ✓

$\Rightarrow \tau(y) = \frac{T \cdot A^w y_G^w}{I_{Gz} \cdot b} = 76,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} > 0$ ✓



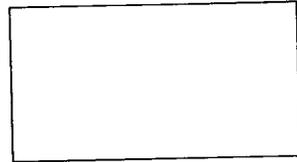
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

2^{ème} année licence aéronautique

AERI	Construction aéronautique	2017
Nom et Prénom		

Examen S° 02

Seul matériel autorisé : une calculatrice non programmable et non graphique



1pt 1/

a	b	c	d
	<input checked="" type="checkbox"/>		

1pt 2/

a	b	c	d
	<input checked="" type="checkbox"/>		

1pt 3/

a	b	c	d
		<input checked="" type="checkbox"/>	

1pt 4/

a	b	c	d
	<input checked="" type="checkbox"/>		

1pt 5/

a	b	c	d
<input checked="" type="checkbox"/>			

1pt 6/

a	b	c	d
<input checked="" type="checkbox"/>			

1pt 7/

a	b	c	d
	<input checked="" type="checkbox"/>		

1pt 8/

a	b	c	d
<input checked="" type="checkbox"/>			

1pt 9/

a	b	c	d
<input checked="" type="checkbox"/>			

1pt 10/

a	b	c	d
<input checked="" type="checkbox"/>			

1pt 11/

a	b	c	d
			<input checked="" type="checkbox"/>

1pt 12/

a	b	c	d
			<input checked="" type="checkbox"/>

1pt 13/

a	b	c	d
<input checked="" type="checkbox"/>			

1pt 14/

a	b	c	d
			<input checked="" type="checkbox"/>

2pt 15/

a	b	c	d
			<input checked="" type="checkbox"/>

2pt 16/

a	b	c	d
<input checked="" type="checkbox"/>			

2pt 17/

a	b	c	d
			<input checked="" type="checkbox"/>

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

2^{ème} année licence aéronautique

AER1	Construction aéronautique	2017
Nom et Prénom		

Examen S° 02

Durée : 1h 30

1/ le premier avion de ligne à réaction au monde est :

- a) Boeing 747
- b) La caravelle (avion français)
- c) le Concorde
- d) l'Airbus A300

2/ Parmi les propositions suivantes, identifiez les dispositifs placés sur le bord d'attaque :

- a) Les volets à fente
- b) les becs Kruger
- c) Les winglets
- d) toutes les propositions sont exactes

3/ Pour incliner l'avion, la commande primaire que vous devez utiliser agit autour de l'axe de :

- a) tangage
- b) symétrie
- c) roulis
- d) lacet

4/ pour modifier l'angle de lacet (axe de lacet) la gouverne utilisée est :

- a) gouverne de profondeur
- b) gouverne de direction
- c) les volets
- d) les ailerons

5/ Le roulis apparaît lorsqu'on actionne :

- a) les ailerons.
- b) la gouverne de profondeur.
- c) la gouverne de direction.
- d) les volets hypersustentateurs.

6/ un allongement de l'aile adapté au vol supersonique :

- a) un allongement faible
- b) un allongement modéré
- c) un allongement élevé
- d) réponse b et c

7/ une emplanture c'est :

- a) L'extrémité de l'aile
- b) La partie de l'aile attachée au fuselage
- c) La ligne reliant le centre de bord de fuite et le bord d'attaque
- d) Angle d'attaque

8/ Lorsque vous déplacez le manche vers la droite :

- a) l'aileron droit se lève et l'aileron gauche s'abaisse
- b) l'aileron droit s'abaisse et l'aileron gauche se lève
- c) les deux ailerons se lèvent

9/ La gouverne de profondeur permet de modifier le mouvement sur :

- a) l'axe de tangage
- b) l'axe de roulis
- c) l'axe de lacet
- d) réponse b et c

10/Quelle manœuvre permet d'effectuer une rotation autour de l'axe de tangage ?

- a) déplacement latéral du manche
- b) aucune réponse n'est exacte.
- c) déplacement des palonniers à gauche ou à droite
- d) déplacement du manche en avant ou en arrière

11/ l'horizon artificiel fournit au pilote :

- a) une information du cap
- b) l'assiette longitudinale de l'avion
- c) l'inclinaison de l'avion
- d) réponse b et c

12/ depuis les matériaux métalliques utilisés dans l'aéronautique :

- a) matériaux composite
- b) titane
- c) magnésium
- d) réponse b et c

13/ la mousse expansive c'est un

- a) polymère
- b) métal
- c) matériaux composite
- d) plastique renforcé

14/ les instruments gyroscopique sont :

- a) l'horizon artificiel
- b) le directionnel
- c) indicateur de virage
- d) réponse a , b , c

15/ un avion avec altitude de 4500ft descend à une vitesse $v_z = 500$ ft/min le temps de descendre est :

- a) 3 min b) 5min c) 7 min d) 9 min

16/ un avion a un nombre de mach $M = 0.80$ la vitesse de l'avion est :

- a) 272 b) 223 c) 300 d) 240

17/ Soit l'assemblage ci-dessous des pièces 1 et 2, supportant

les efforts $F_1 = F_2 = 12 \cdot 10^4$ N les rivets sont en acier

de contrainte tangentielle $\tau = 70$ Mpa et de diamètre $d = 16$ mm,

- Quel est le nombre de rivets nécessaires à la liaison :

- a) 4 rivets b) 5 rivets c) 7 rivets d) 9 rivets

