

CONCOURS D'ACCÈS EN PREMIÈRE ANNÉE DOCTORAT (D-LMD) 2021/2022

Filière : Génie Mécanique, Spécialité : Génie des matériaux

Epreuve 2 (Durée : 2 H), Variante 3

Exercice 1

1. Comparer les propriétés mécaniques des polymères suivants : polyéthylène BD, polyéthylène HD, polyvinyle de chlorure, polypropylène et polystyrène et expliquer leurs différences en terme de leurs structures.

Polymère	Contrainte (MN.m <sup>-2</sup> )	Module d'élasticité (MN.m <sup>-2</sup> )	Structure
Polyéthylène BD	20	270	Structure fortement branché, amorphe avec monomères symétriques
Polyéthylène HD	37	1200	Structure amorphe avec monomères symétriques mais peu branchés
polypropylène	40	1560	Structure amorphe avec peu de groupements méthyles
Polystyrène	53	3000	Structure amorphe avec peu de groupements benzène
Polyvinyle de chlorure	60	4000	Structure amorphe avec de larges groupements d'atomes de chlore

2. Soit une barre à base de polymère ayant les dimensions 25 mm x 50 mm x 380 mm. Ce polymère a un module d'élasticité de 4 GN.m<sup>-2</sup>.

a) Quels types de déformations s'agit-il ? Illustrer par un schéma et indiquer les lois qui décrivent ces phénomènes.

b) Quelle force doit-on appliquer pour allonger la barre à 387 mm ?

c) Enfin, que caractérise le module de Young ? X

X d) Que signifie la relation  $\Delta = \epsilon_x (1 - 2\nu)$ . Expliquer son sens physique.



## Exercice 2

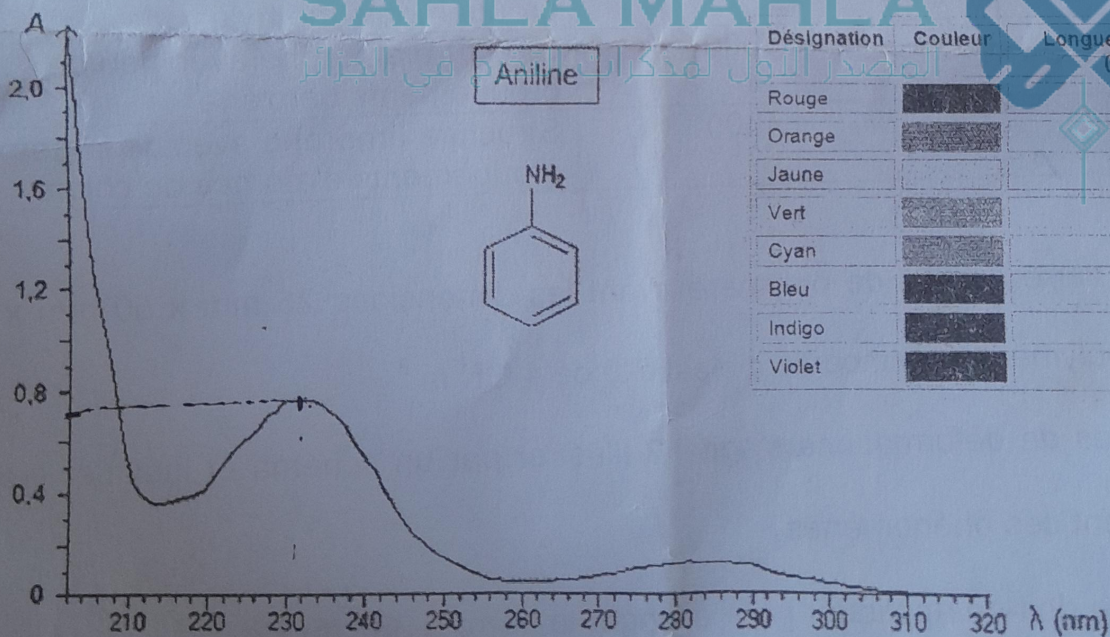
**Partie A** Les données de fatigue d'une fonte ductile ( $N_r$  est le nombre de cycles à la rupture et  $\sigma_0$  l'amplitude de contrainte) :

$N_r$	$10^5$	$3 \times 10^5$	$10^6$	$3 \times 10^6$	$10^7$	$3 \times 10^7$	$10^8$	$3 \times 10^8$
$\sigma_0$ (MPa)	248	236	224	213	201	193	193	193

Après avoir tracé la courbe de Wohler correspondante sur votre brouillon, répondez aux questions suivantes :

1. Est-ce que le matériau étudié présente une limite d'endurance ? Si oui quelle est sa valeur ?
2. Déterminer la durée de vie (en heures) en fatigue pour une amplitude de contrainte de 230 MPa, puis de 175 MPa si la fréquence est de 60 Hz.
3. Evaluer la limite de fatigue à  $2 \times 10^5$  cycles et à  $1,5 \times 10^7$  cycles.
4. Les données du tableau sont tirées d'essais en flexion rotative où une tige de cet alliage fait partie d'un essieu de voiture tournant à une vitesse moyenne de 780 tr/min. Déterminer le temps de vie de la tige pour une amplitude de contrainte de 200 MPa.
5. Déterminer l'amplitude de contrainte en flexion maximale admissible si la durée de vie du couplage est 4h.

**Partie B** : La formule développée de l'aniline  $C_6H_7N$ , et son spectre UV-visible sont les suivants



Désignation	Couleur	Longueur d'onde (nm)	Fréquence (THz)
Rouge		~ 625 - 740	~ 480 - 405
Orange		~ 590 - 625	~ 510 - 480
Jaune		~ 565 - 590	~ 530 - 510
Vert		~ 520 - 565	~ 580 - 530
Cyan		~ 500 - 520	~ 600 - 580
Bleu		~ 450 - 500	~ 670 - 600
Indigo		~ 430 - 450	~ 700 - 670
Violet		~ 380 - 430	~ 790 - 700

1. Quelle est la longueur d'onde d'absorption de l'aniline ?
2. Dans quel domaine de longueurs d'ondes absorbe l'aniline ?
3. Quelle est la couleur de l'aniline ?
4. Calculer la transmittance T% de l'aniline.
5. Calculer le coefficient d'absorption molaire  $\epsilon$  de l'aniline si la concentration  $C = 10^{-4}$  mol/L et l'épaisseur de la cuve traversée vaut  $l = 1$  Cm





CONCOURS D'ACCÈS EN PREMIÈRE ANNÉE DOCTORAT (D-LMD) 2021/2022  
FILIERE : GENIE MECANIQUE

Epreuve commune (Durée : 01H30)  
Analyse Numérique

EXERCICE 1 (5 pts)

Donner l'expression itérative de Gauss-Seidel pour un système à  $n$  équations. On propose de résoudre par cette méthode le système suivant en quatre itérations. Considérer une solution initiale nulle. Les résultats seront affichés avec une précision de 6 chiffres après la virgule.

$$\begin{cases} 3x_1 - 0.1x_2 - 0.2x_3 = 7.85 \\ 0.1x_1 + 7x_2 - 0.3x_3 = -19.3 \\ 0.3x_1 - 0.2x_2 + 10x_3 = 71.4 \end{cases}$$

EXERCICE 2 (5 pts)

Soit la fonction  $f(t) = 8 \cos(3t) \cdot \exp(-0.5t) - 4$ . Tel que  $t$  est le temps.

- Tracer l'allure de cette fonction.
- Prouver qu'il existe une solution dans l'intervalle  $[0, 0.8]$
- Faire un choix approprié de la solution initiale
- Appliquer la méthode de Newton pour 5 itérations.

Les résultats seront affichés avec 7 chiffres après la virgule.

EXERCICE 3 (5 pts)

On donne les valeurs expérimentales de la chute d'un objet dans le tableau ci-dessous.

- Donner l'expression généralisée pour la méthode d'interpolation de Lagrange
- Estimer par cette méthode la vitesse pour l'instant  $t=10$  s

Les résultats seront affichés avec 5 chiffres après la virgule.

Temps (s)	Vitesse (cm/s)
1	800
3	2310
5	3090
7	3940
13	4755

EXERCICE 4 (5 pts)

Soit l'équation différentielle ordinaire :

$$\frac{dy(t)}{dt} = -y(t) + t + 1, \quad \text{valeur initiale } y(0) = 1$$

- Donner la solution analytique
- On demande de résoudre cette équation par RK-4 depuis  $t=0$  s jusqu'à  $t=0.4$  s par pas de  $0.1$  s. Comparer avec la solution analytique dans un tableau.

Les résultats seront affichés avec une précision de 4 chiffres après la virgule.



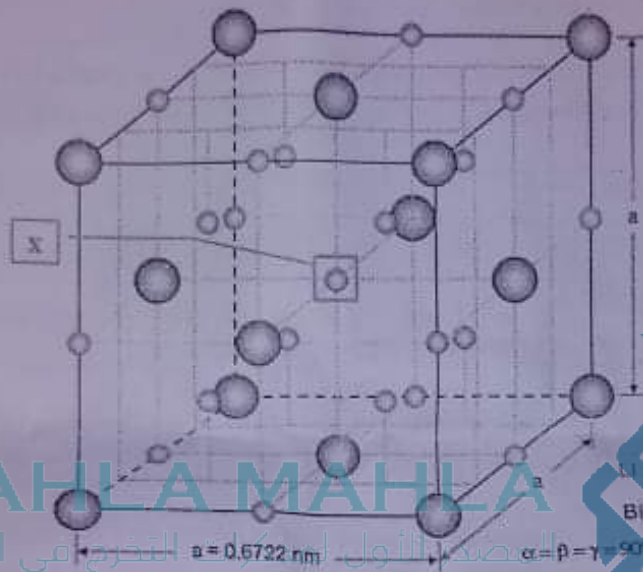
**EXERCICE 1 : (06pts)**

Un composé  $\text{Li}_x\text{Bi}_y$  est formé d'atomes de lithium (Li) en insertion dans le réseau constitué d'atomes de bismuth (Bi). La maille élémentaire de cette structure est représentée à la figure dessous.

Données :

Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mole}^{-1}$

Masse atomique (g/mole) :  $\text{Li} = 6,94 \text{ Bi} = 208,98$



- Quel est le réseau de Bravais de ce composé ?
- Quels sont les indices de la direction qui est l'intersection des plans  $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$  et  $(1\bar{1}\bar{1})$  ?
- Quels sont les indices de Miller du plan contenant les directions  $[\bar{1}10]$  et  $[011]$  ?
- Quelle est la valeur du rapport de la densité surfacique d'atomes de bismuth (Bi) à la densité surfacique des atomes de lithium (Li) dans le plan  $(1\bar{1}0)$  ?
- Quel type de site occupe l'atome de lithium (Li) noté X et qui est encadré sur la figure ci-dessus ?
- Quelle est la proportion (en %) de ces sites appartenant en propre à la maille, qui sont occupés par les atomes de lithium (Li) ?
- Quelles sont les valeurs de x et de y dans la formule chimique du composé  $\text{Li}_x\text{Bi}_y$  ?
- Quelle est la masse volumique théorique  $\rho$  (en  $\text{g/cm}^3$ ) du composé  $\text{Li}_x\text{Bi}_y$  ?

**EXERCICE 2 : (08pts)**

**Partie A.** Répondre aux questions suivantes :

- 1) Donner la formule chimique générale des polymères suivants : polyéthylène (PE), polypropylène (PP), polychlorure de vinyle (PVC), caoutchouc naturel.
- 2) Expliquer l'influence des ramifications légères dans les chaînes macromoléculaires sur la température de transition vitreuse  $T_g$  ?
- 3) Dans un essai de traction, quel est l'influence de la vitesse de déformation sur le module de Young et la déformation à la rupture des polymères.

**Partie B.** On considère un échantillon de polypropylène (PP) constitué de quatre (04) espèces (familles) de chaînes macromoléculaires, tel que montré dans le tableau ci-dessous.

Numéro d'espèce $i$	1	2	3	4
Nombre de chaînes $N_i$	1000	2500	3000	3500
Plage de masse molaire (g/mol)	4000-6000	6000-8000	8000-10000	10000-12000

- 1) Calculer les masses molaires moyennes en nombre et en poids (en masse) de cet échantillon. En déduire son indice de polymolécularité (polydispersité).
- 2) Déterminer le degré de polymérisation de la chaîne la plus courte de l'échantillon.
- 3) Ecrire les différentes configurations moléculaires (tacticité) possibles du polypropylène ? Laquelle des configurations donne un PP amorphe ?
- 4) La masse volumique à la température ambiante d'un polypropylène entièrement cristallin est  $0,946 \text{ g/cm}^3$ . A la même température, la maille élémentaire de ce matériau est monoclinique et ces paramètres cristallins sont :  $a=0,666 \text{ nm}$ ,  $b=2,078 \text{ nm}$ ,  $c=0,666 \text{ nm}$  ;  $\alpha=90^\circ$ ,  $\beta=99,62^\circ$ ,  $\gamma=90^\circ$ . Le volume d'une maille élémentaire monoclinique est :  $V= a.b.c.\sin\beta$ .
  - a- Calculer le nombre de monomères par maille de cet échantillon.
  - b- Schématiser deux lamelles cristallines voisines (adjacentes) du PP.

**EXERCICE 3 : (06pts)**

On veut étudier l'influence de la géométrie de renfort sur la résistance du composite monocouche verre/Epoxy de fraction volumique du renfort égale à 35% dont les propriétés mécaniques des constituants sont données dans le tableau 1 :

Matériaux	E(GPa)	Re (MPa)	Rr (MPa)	$\Phi$ fibre ( $\mu\text{m}$ )	$\nu$	$\epsilon\%$
Epoxy	2	30	70	.....	0.34	3.5
Verre	75	.....	2550	15 $\mu\text{m}$	0.22	3.4

Tableau 1. Propriétés mécaniques des constituants

- En premier lieu le composite verre/ Epoxy est renforcé par la fibre de verre alignée et continue.

a) -Est-ce que la courbe de traction de ce composite présente une limite élastique ? Justifiez votre réponse.

b) Quelle est la valeur des modules d'Young  $E_L$ ,  $E_T$  et  $G_{LT}$  en GPa de ce composite ?

c) Quelle est la résistance en traction en MPa du composite ?

- Dans un second cas on considère que le composite est constitué de fibres de verre alignée et discontinues. Il présente une même fraction volumique en fibre que le composite précédent.

d) Calculer la longueur critique que peut avoir la fibre discontinue dans ce composite.

e) En déduire la résistance mécanique du composite sachant que la longueur moyenne de la fibre est de 4 mm et la résistance de l'interface est de 70 MPa.

- Expliquez la différence de résultat trouvé.