

Examen du lundi 6 octobre 2003
12h30 – 15h25

Matériaux de l'ingénieur, section B
GML-10463

Professeurs : Daniel Larouche et Diego Mantovani

Nom : _____ Prénom : _____

Matricule : _____ Programme : _____

INSTRUCTIONS

- ♦ L'examen est individuel, aucun échange (verbale ou de documents) n'est permis ;
- ♦ Aucun documentation permise ;
- ♦ Déposez sur la table d'examen votre carte d'étudiant ;
- ♦ Le professeur se réserve le droit d'enlever des notes en regard de la présentation générale et de la correction du français et ce, jusqu'à concurrence de 10 points sur 100 ;
- ♦ Ordinateurs, baladeurs, systèmes complexes de calcul et téléphones cellulaires interdits ;
- ♦ Lisez attentivement l'ensemble de l'examen avant de commencer à répondre ;
- ♦ Maîtrisez votre impulsivité et réfléchissez plusieurs fois avant de répondre ;
- ♦ Écrivez seulement dans les espaces prévus au recto. Le verso est pour votre brouillon. Aucune notion au verso ne sera corrigée (sauf là où le contraire est indiqué) ;
- ♦ Évaluez le temps que vous dédiez à chaque question en fonction de son pointage ;
- ♦ Seulement les calculateurs admis par la faculté sont permis ;
- ♦ Vous devez remettre TOUTES les feuilles de ce formulaire d'examen.

Réservé à la correction

1	2	3	4	5	6	Total

EXERCISE I (15-5 points) E1

Vous avez réalisé un essai de traction sur des éprouvettes de section rectangulaire de 1,5 x 10 mm de matériaux inconnus. La longueur servant de base à la mesure de l'allongement est de 50 mm. Les résultats suivants ont été obtenus :

Force (kN)	1	1,5	2	2,5	3	3,4	3,8(rupture)
Allongement (10⁻¹ mm)	1	2	3	2,8	4	7	18

a) Déterminez les propriétés suivantes (développement ci-dessous et au verso):

Propriété	Réponse
Limite élastique	
Résistance à la traction	
Indice de la ductilité	

- b) Lequel des trois matériaux suivant est le plus susceptible d'être celui employé afin de fabriquer l'éprouvette ?

Matériau	Module Élastique (Young)
Aluminium	70 GPa
Verre	70 GPa
Polyester armé	7 GPa

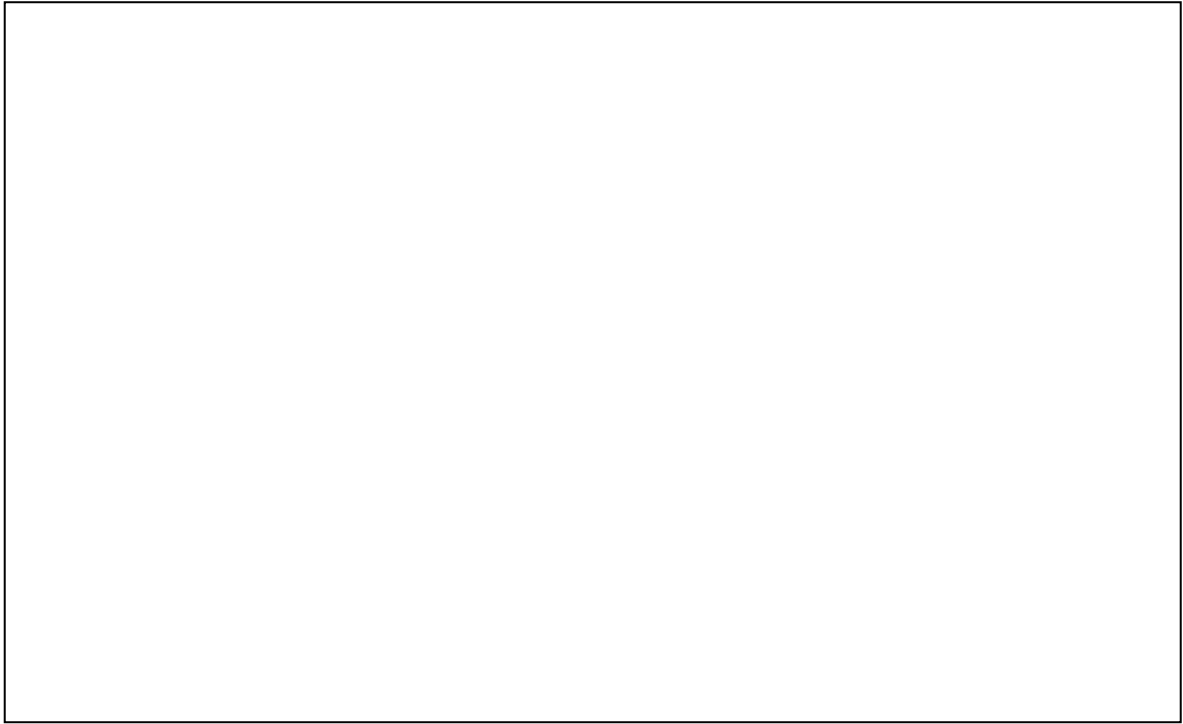
Réponse et justification :

EXERCISE II (8-8-4 points) **E1**

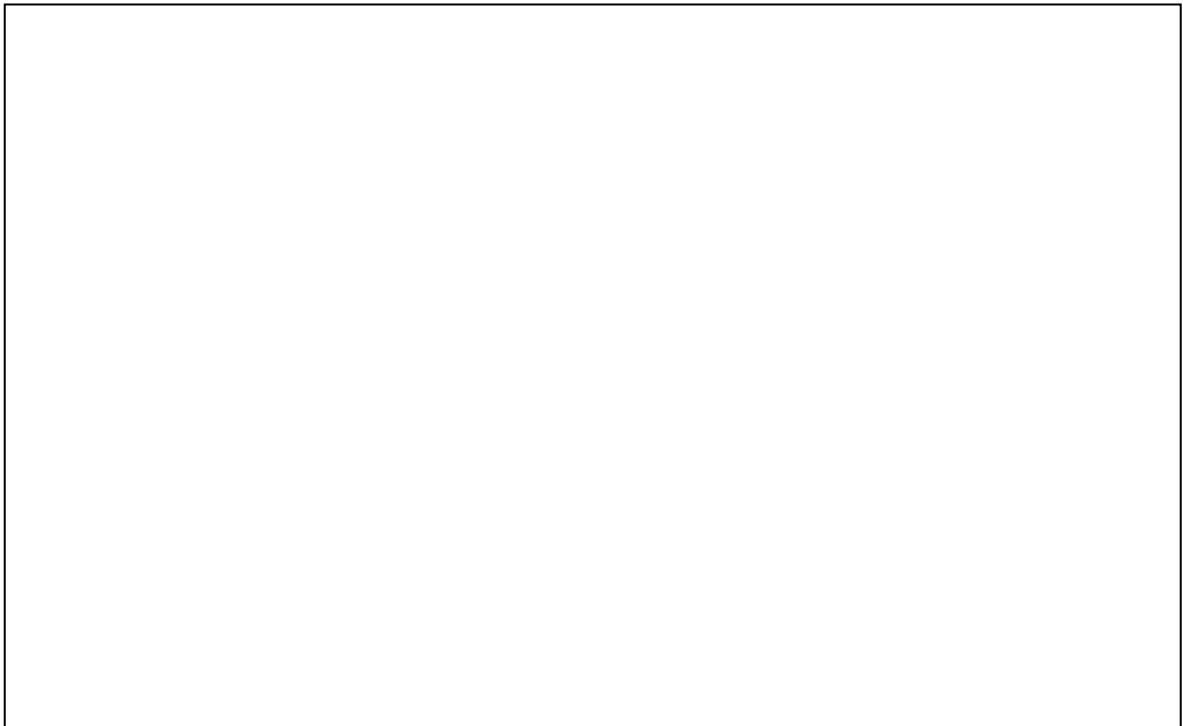
On veut fabriquer des plaquettes en forme a os de chien, d'une longueur utile de 160 mm et de section carré de 8 mm de côté. Ces plaquettes seront soumises à des efforts de traction. Pour le faire, on dispose de deux matériaux, une céramique (de l'alumine Al_2O_3), et un alliage d'aluminium. Les propriétés mécaniques de ces deux matériaux sont les suivantes :

	Al_2O_3	Aluminium
Limite élastique (MPa)	-	40
Résistance à la rupture (MPa)	250	110
Allongement à la rupture (%)	0	30

- a) À quelle force (kN) appliquée, chaque matériau commencera à se déformer plastiquement ?



b) Quelle sera, pour chaque matériau, la force (kN) qui engendrera la rupture de la pièce ?



c) Commentez brièvement les affirmations suivantes :

1- Plus la taille des grains d'un polycristal est grande, plus sa limite d'élasticité est élevée.

2- La ductilité d'un matériau permet d'atténuer fortement la concentration locale des contraintes à la racine de la fissure grâce à une plastification locale.

EXERCISE III (2-2-2-2-2 points) **E1**


Encerclez la (ou les) bonnes réponses, et justifiez brièvement votre démarche.

1.

- a) Dans un solide polycristallin, la rigidité est fonction de la taille des grains ;
- b) Dans un matériau cristallin ductile, la limite d'élasticité est atteinte quand la densité de dislocations atteint une valeur maximale ;
- c) La cission critique de glissement correspond à la contrainte qui caractérise le passage entre les comportements élastique et plastique du matériau, et elle est directement liée au facteur de Schmidt ;
- d) La rupture des matériaux cristallins se produit de manière fragile lorsque les liaisons sont cristallines.

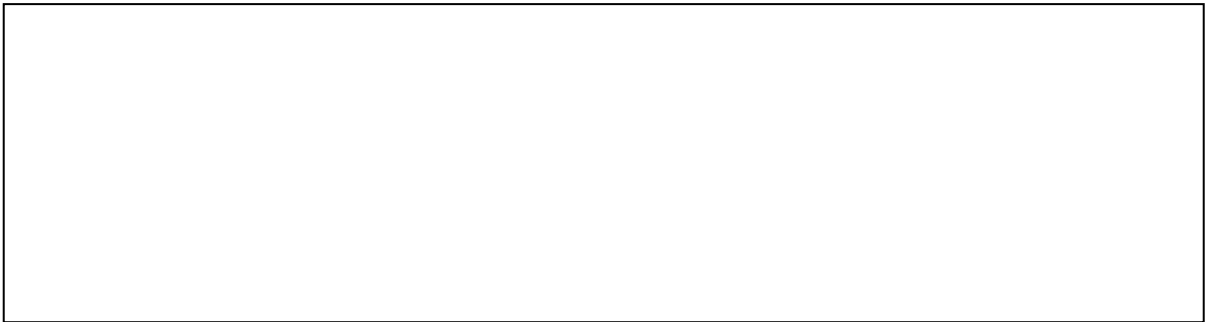
2.

- a) Dans un solide polycristallin la rigidité est fonction de la structure cristalline ;
- b) Dans un matériau cristallin ductile on observe une déformation permanente d'au moins 0,2 % après la mise en charge ;
- c) La cission critique de glissement correspond à la contrainte qui caractérise le passage entre les comportements élastique et plastique du matériau, et elle n'est pas liée au facteur de Schmidt ;
- d) La ténacité est une propriété des matériaux, et elle est moyenne pour le bois, importante pour l'acier et faible pour le verre.



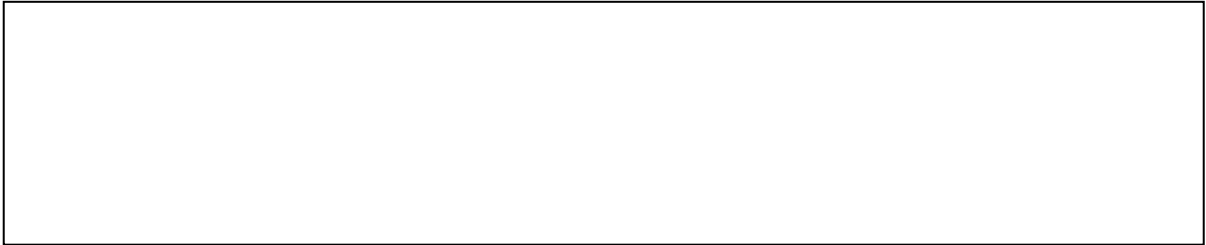
3.

- a) Dans un solide polycristallin la rigidité est fonction de l'intensité des liaisons atomiques ;
- b) Dans un matériau cristallin fragile les dislocations se mettent en mouvement dans certains grains lorsque la cission critique de glissement est atteinte ;
- c) La cission critique de glissement est proportionnelle à la force appliquée ;
- d) La rupture des matériaux cristallins se produit de manière fragile lorsque les liaisons sont métalliques.



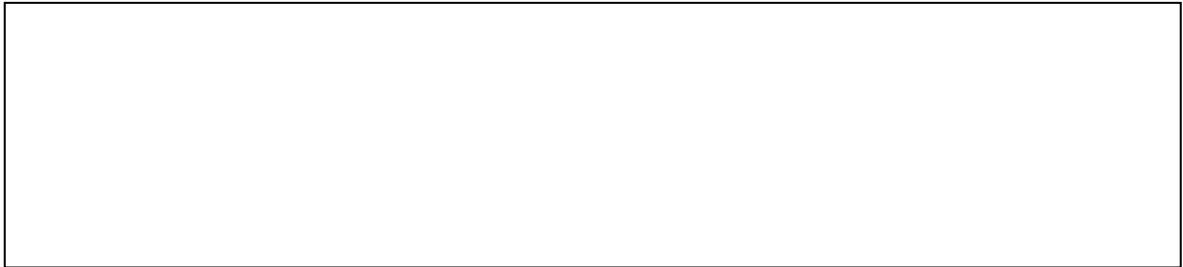
4.

- a) Dans un solide polycristallin la rigidité est fonction de la densité de dislocations ;
- b) La cission critique de glissement correspond à la contrainte qui caractérise le passage entre les comportements élastique et plastique du matériau, et elle n'est pas liée au facteur de Schmidt ;
- c) La rupture des matériaux cristallins se produit de manière fragile seulement si ses liaisons sont covalentes ;
- d) La ténacité est une propriété des matériaux, elle est d'autant plus importante que les matériaux sont fragiles.



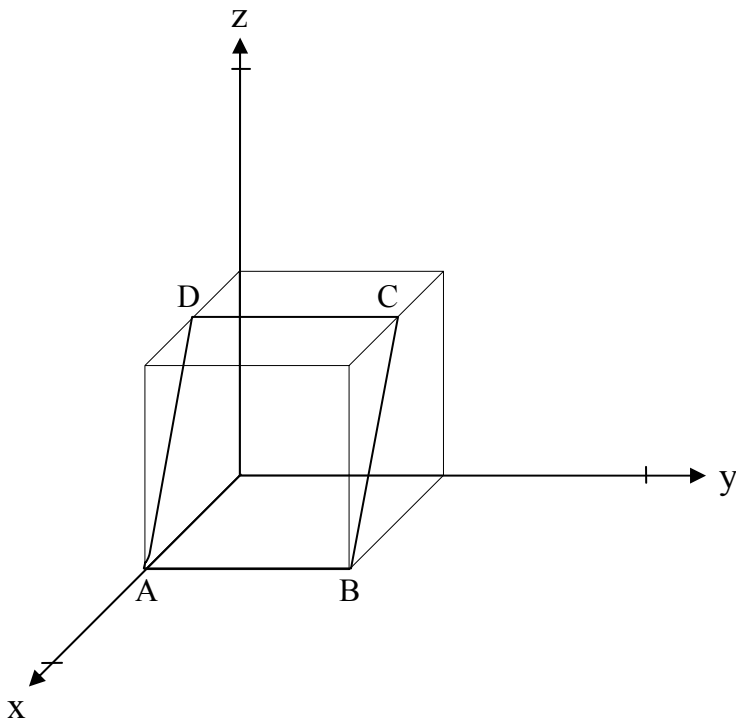
5.

- a) Dans les matériaux cristallins ductiles, la rupture critique de la pièce se produit lorsque la cission critique de glissement est atteinte ;
- b) Dans un matériau cristallin ductile les dislocations ne peuvent plus se déplacer sur un plan de glissement lorsque la cission critique de glissement est atteinte ;
- c) La ténacité est une propriété des matériaux, et l'essai Charpy donne un indice de sa valeur ;
- d) Si le matériau est cristallin alors sa rupture sera ductile.



EXERCISE IV (12-8 points) **E1**

- a) Tracez, dans la maille élémentaire représentée ci-dessous :
- 1- le plan $(1 \bar{1} 2)$;
 - 2- la direction $[1 \bar{1} 2]$;
- b) Quels sont les indices de Miller du plan ABCD dans cette maille, les coordonnées des points A, B, C, D étant respectivement $(1, 0, 0)$ $(1, 1, 0)$ $(1/2, 1, 1)$ $(1/2, 0, 1)$?



Réponse :

EXERCISE V (4-4-4-4 points)

E1

Encerchez votre réponse, et justifiez brièvement :

- 1) Au zéro absolu, la distance d'équilibre entre les atomes correspond :
- a. À une force d'attraction nulle entre les atomes ;
 - b. À une force de répulsion maximale entre les atomes ;
 - c. À une énergie potentielle minimale ;
 - d. Au module d'Young minimal ;
 - e. Aucune de ces réponses.

- 2) La propriété qui est directement reliée à l'énergie de cohésion des atomes est :
- a. Le coefficient de dilatation linéique ;
 - b. L'énergie de sublimation ;
 - c. La limite d'élasticité ;
 - d. La structure cristalline ;
 - e. Aucune de ces réponses.

- 3) Dans un solide polycristallin, la rigidité est fonction de :
- a. L'intensité des liaisons atomiques ;
 - b. La densité de dislocations ;
 - c. La taille des grains ;
 - d. La structure cristalline ;
 - e. La dureté du matériau.

4) Dans une maille cubique, la direction $[1\bar{1}0]$ est contenu dans le plan:

- a. (112) ;
- b. $(\bar{1}12)$;
- c. (011) ;
- d. $(1\bar{1}0)$;
- e. Aucune de ces réponses.

5) Laquelle de ces affirmations est fausse ?

- a. L'élasticité d'un matériau n'implique pas nécessairement une relation linéaire entre la contrainte et la déformation ;
- b. Les métaux possèdent un grand nombre d'électrons de valence par atome ;
- c. La résistance théorique à la traction est fonction de l'énergie de surface, du module d'Young et de la taille de la maille élémentaire ;
- d. Le caractère ionique d'une liaison est d'autant plus fort que l'écart entre l'électronégativité des éléments est grand ;
- e. Des liaisons faibles et fortes peuvent cohabiter dans une même structure cristalline.

EXERCISE VI (6-4 points)

E1

a) Dans quels types de sites interstitiels se trouvent placés les ions illustrés en blanc dans les mailles élémentaires représentées en A, B et C ?

A) _____

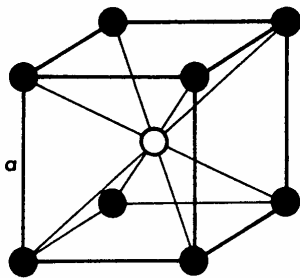
B) _____

C) _____

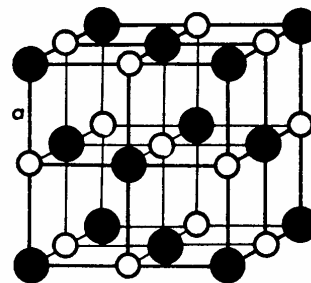
b) Combien y a-t-il d'ions oxygène en propre dans la maille élémentaire du TiO_2 , représentée en D ?

Réponse : _____

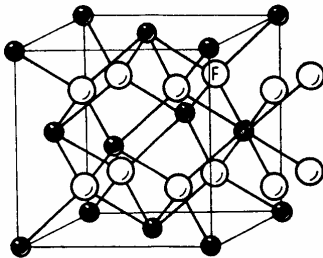
Justification : _____



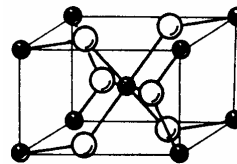
A) CsCl ; $\bigcirc : \text{Cs}^+$



B) NaCl ; $\bigcirc : \text{Na}^+$



C) CaF_2 ; $\bigcirc : \text{F}^-$



D) TiO_2 ; $\bigcirc : \text{O}^{2-}$

Feuille Brouillon 1

Feuille Brouillon 2

Feuille Brouillon 3