

EXAMEN FINAL
Mardi 20 décembre
8h30 -10h25**GML-10463, Matériaux de l'ingénieur, section A**
GML-21452, Science des matériaux
Professeur : Diego Mantovani

Nom : _____ Prénom : _____
Matricule : _____ Programme : _____
Matériaux de l'ingénieur : _____ Science des matériaux : _____

INSTRUCTIONS

- ♦ L'examen est individuel, aucun échange (verbale ou de documents) n'est permis ;
- ♦ Seulement une page recto verso de formules est permise (aucun mot, ni dessin, graphique, etc.) ;
- ♦ 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 si 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.

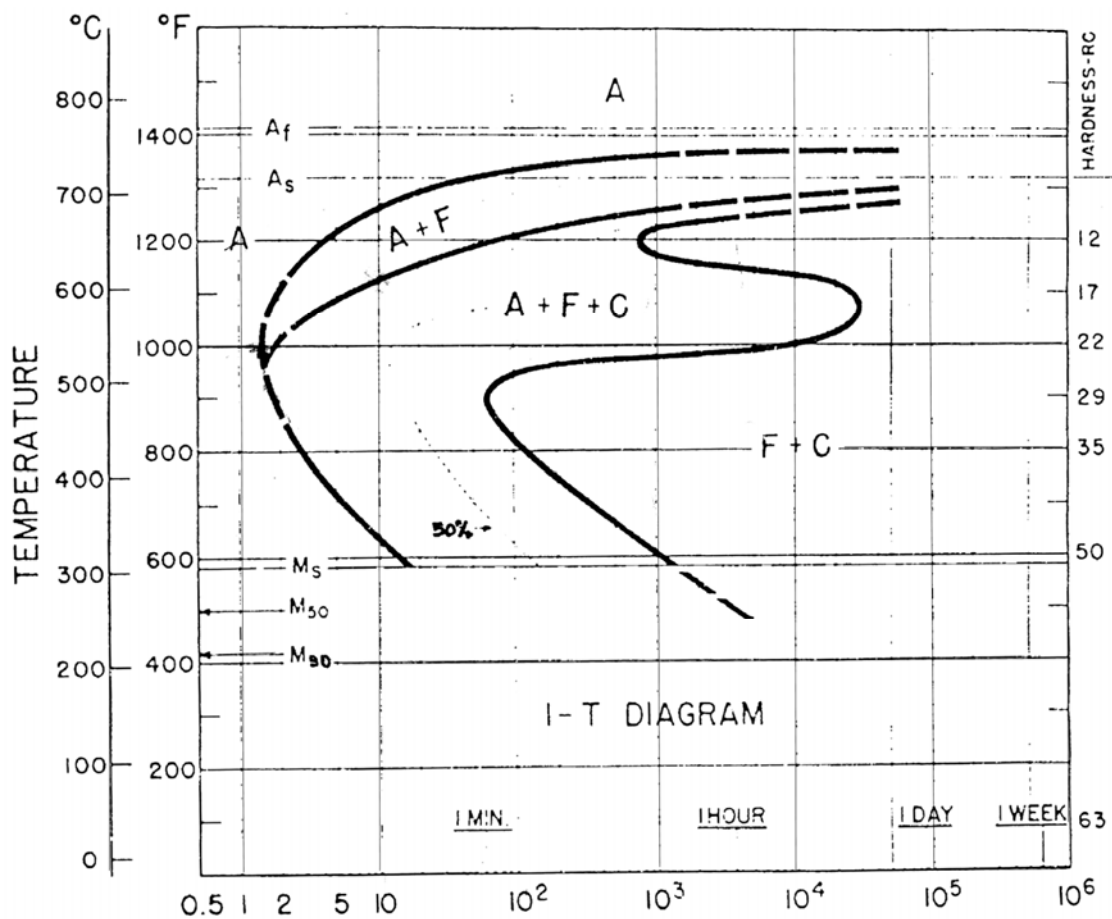
Réservé à la correction

1 (24)	2 (15)	3 (20)	4 (15)	5 (15)	6 (15)	Total (104)

- 1 - E2 (24)

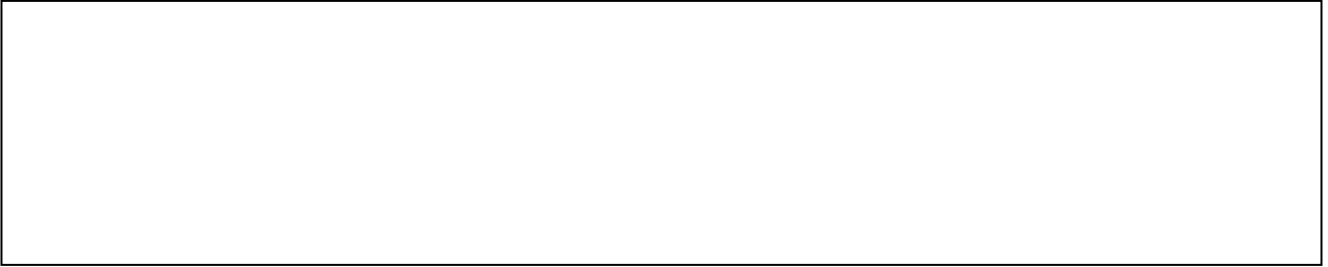
Une petite pièce d'acier 4047 peut être soumise aux divers traitements suivants:

- 1- Chauffée à 800°C pendant une heure.
- 2- Trempée à 650°C et maintenue à cette température durant 1 s.
- 3- Trempée à 600°C et maintenue à cette température pendant 10 s.
- 4- Trempée à 400°C et maintenue à cette température durant 300 s.
- 5- Trempée à 20°C.
- 6- Trempée à 650°C et maintenue à cette température durant 1 heure.
- 7- Chauffée à 400°C pendant une heure.
- 8- Chauffée à 700°C pendant 10 heures.

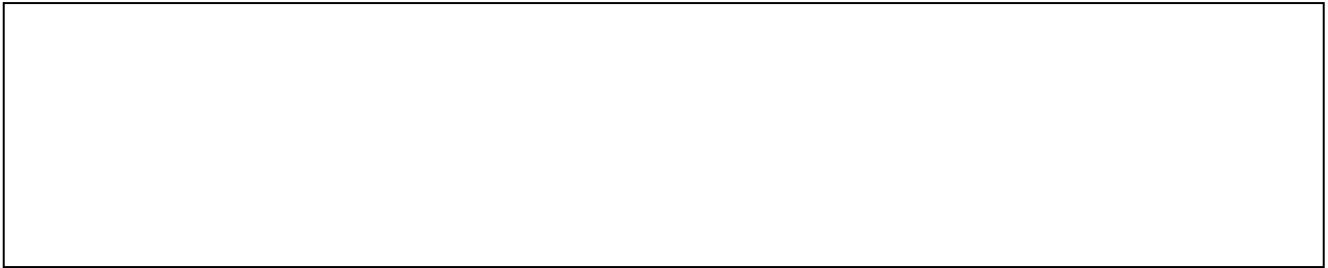


Quelle structure finale obtient-on lorsqu'on soumet la petite pièce aux traitements suivants ? Justifiez brièvement votre réponse. Dessinez le médaillon représentant cette microstructure.

a) 1+3+5



b) 1+6+4+5



c) 1+6+8



d) 1+4+5



e) 1+6+5



f) 1+2+5+7

- 2 - **E2**
(15)

Répondez aux questions suivants en justifiant la réponse et en illustrant votre démarche.

- a. La conductivité dans les matériaux conducteurs et dans les matériaux semi-conducteurs. Quelle est la différence ? Pourquoi les matériaux isolants ne sont pas conducteurs ?

- b. Définissez la dilatation thermique. Pourquoi le volume des matériaux varie en fonction de la température ?

- c. Expliquez le phénomène d'hystérèse. Quelle est la différence entre matériaux doux et matériaux durs ?

- d. Pourquoi les matériaux médicaux employés en orthopédie peuvent être poreux ? Nommez trois exemples de biomatériaux employés en orthopédie.

- e. Quel matériau suggèreriez vous d'employer pour fabriquer une perche du sauteur pour un athlète olympique ? Quelle est la propriété mécanique la plus recherchée pour un tel matériau ?

- 3 - **E1/E2**
(20)

Répondez à 8 des 10 questions suivantes. Si vous répondez à toutes vous pouvez gagner jusqu'à 5 points bonus. Justifiez brièvement votre réponse.

- a. Tracez de façon schématique la courbe contraintes / déformations correspondant à un essai de traction effectué à la température ambiante et à la température de l'azote liquide (-196°C) pour le cuivre, un acier à faible carbone et le zinc.

- b. Pour les alliages Cu-Zn, il n'existe pas d'alliages commerciaux au-dessus d'une teneur de 40% en poids de zinc. Suggérez des raisons plausibles.

- c. Le zinc dont le point de fusion est de 420°C sera-t-il susceptible au fluage à une température de 100°C ?

- d. Comment se déplace la courbe de Wöhler d'un polymère s'il est testé à une fréquence plus élevée que celle des éprouvettes ayant permis de tracer la courbe fournie? Commentez brièvement.

- e. Les lignes d'arrêt sont visibles à la surface d'une éprouvette rompue par fatigue en laboratoire.

f. Un acier calmé peut-il être soudé?

g. Quelle est la meilleure stratégie pour minimiser le fluage visqueux?

h. Une perlite grossière est plus tenace qu'une perlite fine.

i. Quelle pourrait être la microstructure de l'acier des fils des instruments de musique à corde?

j. Quel type d'acier pourrait-on employer pour contenir des liquides à basse température?

- 4 - **E2**
(15)

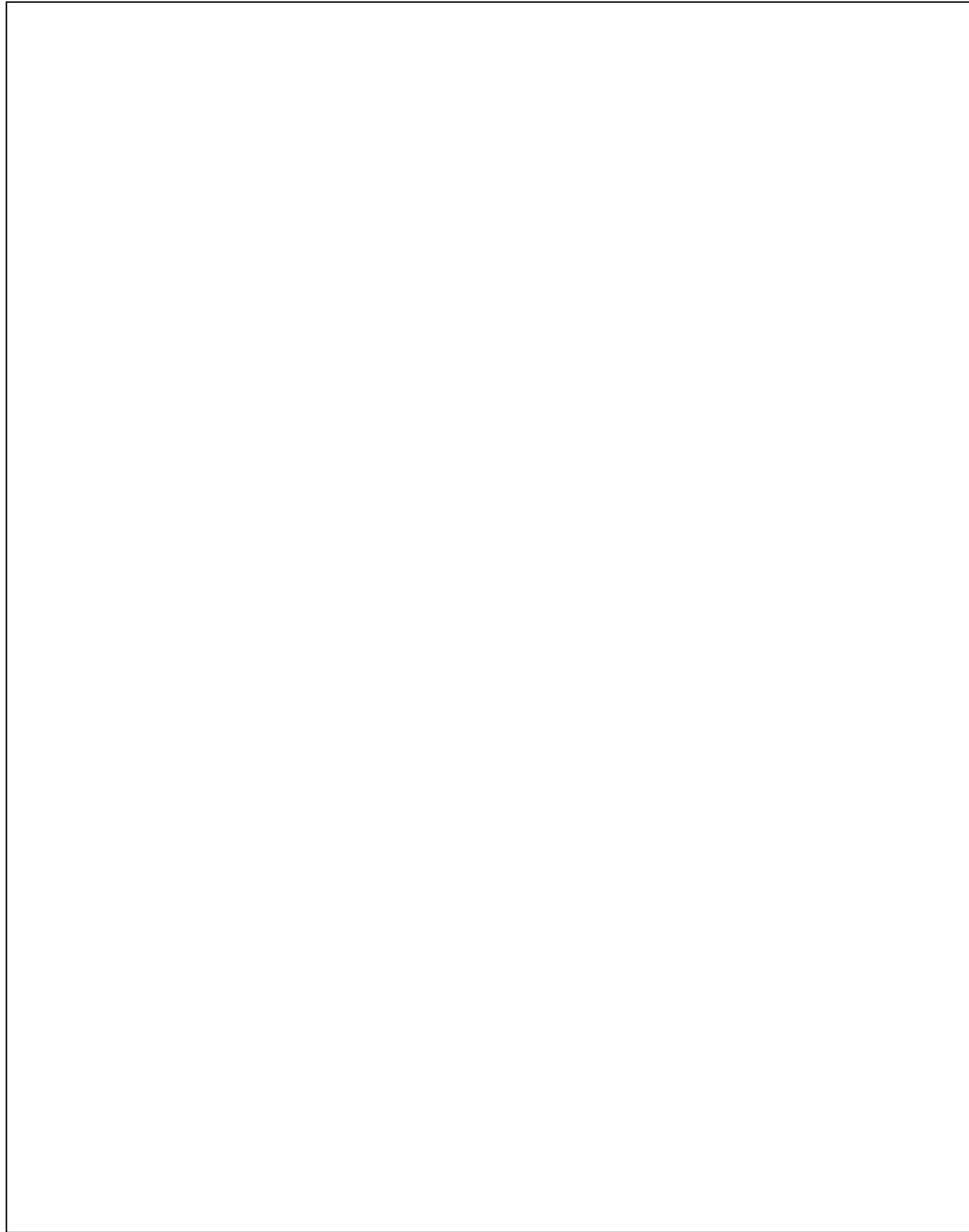
Un échantillon de verre (section rectangulaire de côté b et d , $b= 10$ mm et $d= 20$ mm), est soumis à un essai de flexion trois points. La distance entre les supports (L) est de 50 mm.

- a. Calculez la résistance à la flexion si la rupture se produit à 340 N.
- b. Où est localisé le déplacement (fléchissement) maximal ?
- c. Calculez le déplacement maximal si la charge est de 280 N.

Formules utiles :

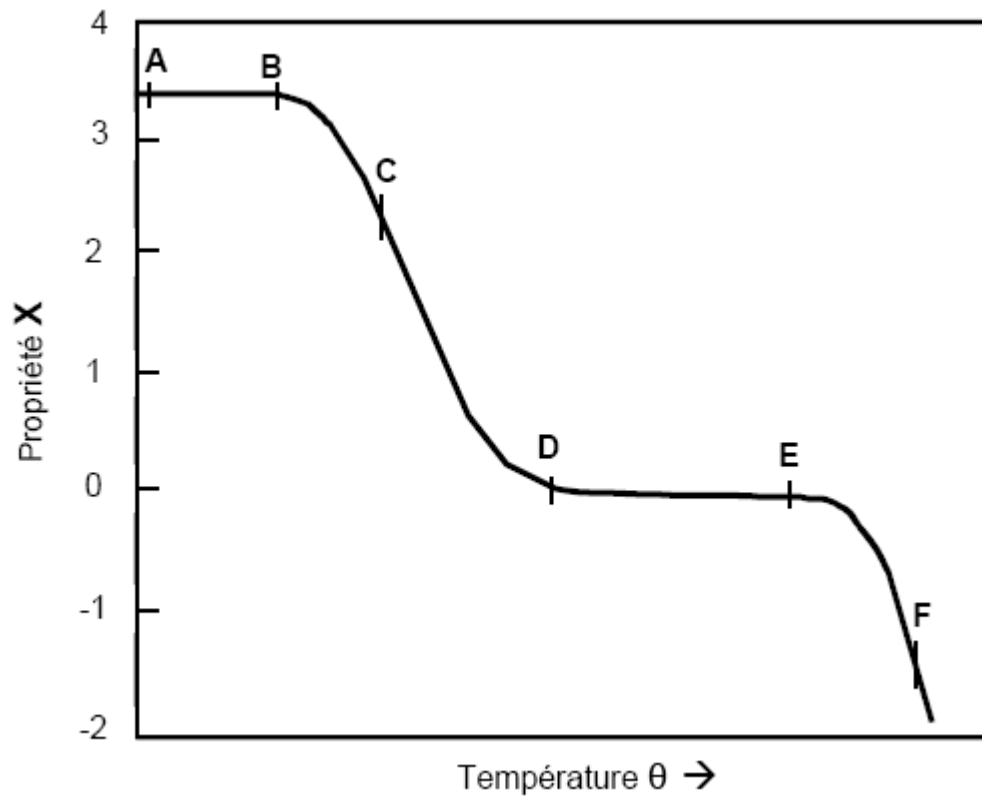
$$\sigma_{rf} = \frac{3F_f L}{2bd^2} \qquad \Delta y = \frac{FL^3}{48EI} \qquad I = \frac{bd^3}{12}$$

Où : E = module élastique (69 Gpa) ; I = moment d'inertie de la section transversale



- 5 - **E2**
(15)

La figure ci-dessous présente la propriété **X** d'un polymère en fonction de la température θ .



a) Quelle est la propriété **X** qui est indiquée en ordonnée sur la figure ci-dessus ? Pourquoi ?

b) De quel type de polymère la courbe ci-dessus est-elle caractéristique ?

- 1) Thermoplastique fortement cristallisé
- 2) Thermodurcissable
- 3) Thermoplastique amorphe
- 4) Élastomère

Pourquoi ?

c) Indiquez par les lettres, apparaissant à la figure ci-dessus, le domaine de températures où le polymère est à l'état caoutchoutique et le domaine où il est à l'état vitreux.

d) Indiquez la lettre qui correspond à la température de fusion θ_f et celle qui correspond à la température de transition vitreuse θ_v du polymère. Expliquez brièvement.

- 6 - **E2**
(15)

Un composite est fait d'une matrice d'époxy renforcée de fibres de verre continues alignées. La fraction volumique V_f de renfort est égale à 35 %. Les propriétés mécaniques des constituants sont données ci-dessous.

	E (GPa)	σ_E (MPa)	σ_R (MPa)	ϵ_F (%)
Epoxy	5	30	40	4,5
Fibres de verre	65	-	260	-

- a. Est-ce que la courbe de traction de ce composite présente une limite d'élasticité ? Dessinez la. Justifiez quantitativement votre réponse.

b. Quelle est la valeur du module d'Young E (en GPa) de ce composite ?

c. Quelle est la résistance à la traction σ_{RC} (en MPa) du composite ?

d. Quelle est la valeur de la déformation maximale ϵ_{fc} (en %) du composite juste avant sa rupture ?

- e. Lorsque ce composite est soumis à une contrainte de traction, calculez le rapport $r = F_f/F_m$ où F_f est la force supportée par les fibres et F_m celle supportée par la matrice. Commentez.

Bonne nouvelle année !!!

Diego Mantovani

et

l'équipe de Matériaux de l'Ingénieur-A de la session d'automne 2005