

Name : _____ Sciper : _____

Exercice 1 (10 points, 1 ou plusieurs réponses justes, pas de point négatif)

1. Le verre métallique provient du refroidissement lent d'un alliage métallique à partir de l'état liquide.
☐ Vrai
☐ Faux
2. L'observation de l'arrangement des atomes est possible grâce à :
☐ La résonance magnétique nucléaire
☐ La microscopie électronique à transmission
☐ La diffraction des rayons X
☐ La calorimétrie différentielle à balayage
3. Tous les polymères sont des matériaux organiques synthétiques.
☐ Vrai
☐ Faux
4. Les polymères thermodurcissables sont :
☐ Très réticulés
☐ Semi-cristallins
☐ Recyclables
☐ Résistant à la température
5. La limite d'élasticité est beaucoup plus élevée que la résistance théorique idéale.
☐ Vrai
☐ Faux
6. Listez 4 types de défauts qu'on retrouve dans les structures cristallines :

7. Reliez la propriété mécanique avec son origine dans le cas d'un matériel métallique :
- | | |
|---------------------|---|
| a) Limite élastique | 1) Renforcement par création de dislocations pendant la déformation |
| b) Écrouissage | 2) Striction puis rupture |
| c) Résistance | 3) Mouvement des dislocations |
| d) Ductilité | 4) Début du mouvement des dislocations |
8. Comment le module d'élasticité (ou module de Young) change lorsque la température augmente pour la majorité des matériaux ?
- ☐ Il augmente
- ☐ Il ne change pas
- ☐ Il diminue
9. Reliez le type de matériel à son type d'électroconductivité :
- | | |
|--------------|-------------------|
| a) Germanium | 1) Métal |
| b) Cuivre | 2) Semiconducteur |
| c) Huile | 3) Diélectrique |
10. Quelle est la définition de la température de Curie ?

Exercice 2 (30 points)

1. Pour chacune des trois structures cubiques (cubique simple, BCC, FCC), déterminez la famille de plans de densité maximale et calculez la densité planaire maximale en fonction du rayon atomique (r).

2. a) Calculez les densités des métaux répertoriés dans le Tableau 1 et comparez les valeurs obtenues avec les densités à la compacité maximale (calculez les deux valeurs). Commentez la différence, le cas échéant. (*Vous avez encore de la place sur la prochaine page pour répondre*)

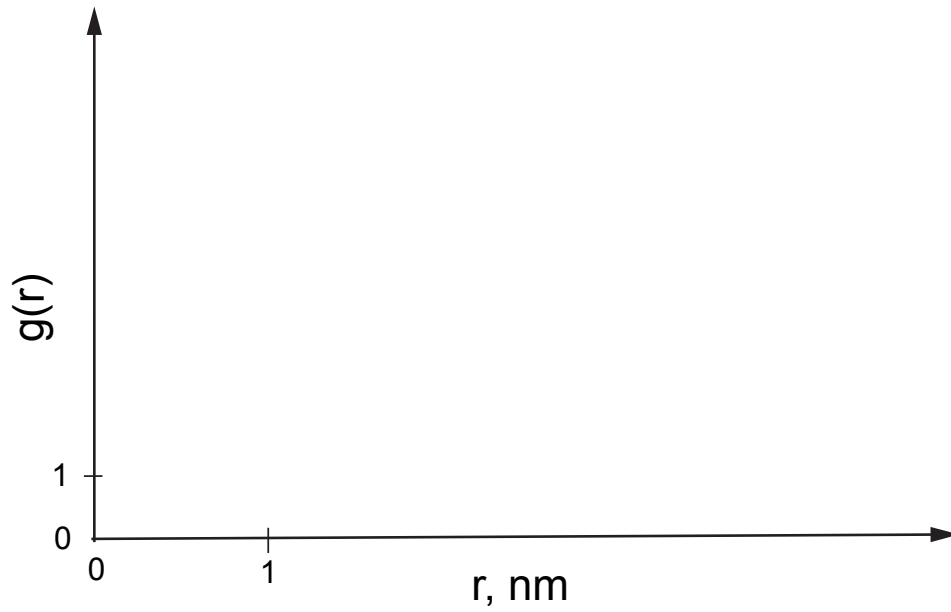
Tableau 1 : Paramètres pour différents métaux

Métal	Paramètre de maille mesuré, Å	Rayon atomique, nm	Masse molaire, g/mol	Structure cristalline
Polonium	3.345	0.167	299	Cubique simple
Fer	2.864	0.124	56	BCC
Nickel	3.529	0.1245	59	FCC

Le nombre d'Avogadro est $6.02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

b) Vous prévoyez de mesurer les densités expérimentales des métaux (par exemple, à l'aide d'un pycnomètre). Prédisez comment ces valeurs seront différentes des densités théoriques que vous avez calculées dans la partie a). Justifiez votre réponse par une explication raisonnable.

3. Représentez sur le même schéma la distribution radiale d'une structure cubique simple pour : a) un monocristal, b) un matériel polycristallin, c) un état amorphe. Le paramètre de maille est de 1 nm.



Expliquez brièvement ce qui cause cette différence entre les distributions radiales.

4. Quelle est la densité la plus élevée - celle d'un solide cristallin ou d'un solide amorphe ? Fournissez une explication raisonnable de votre choix.

5. Nous cassons deux échantillons, l'un est cristallin et l'autre est amorphe. Comment identifiez-vous chacun d'entre eux ?

Exercice 3 (30 points)

On vous fournit un diagramme de phases à deux composants ci-dessous (Figure 1).

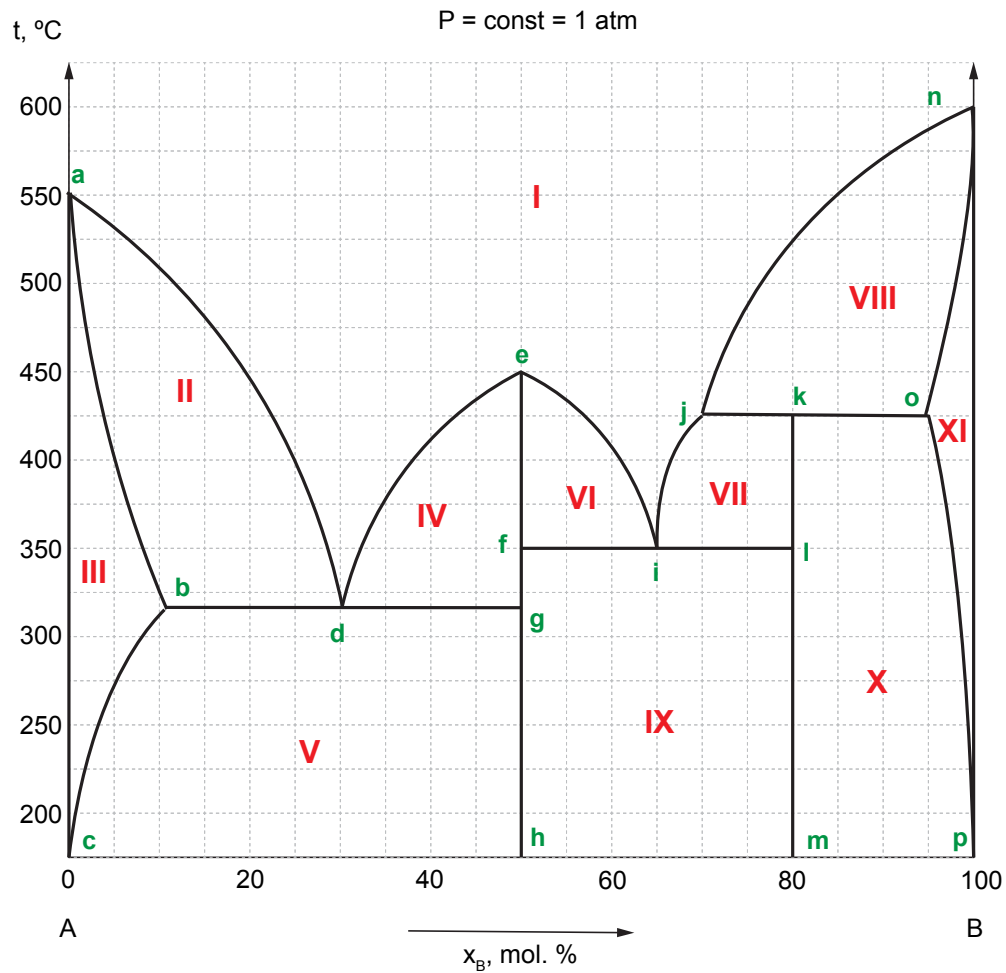
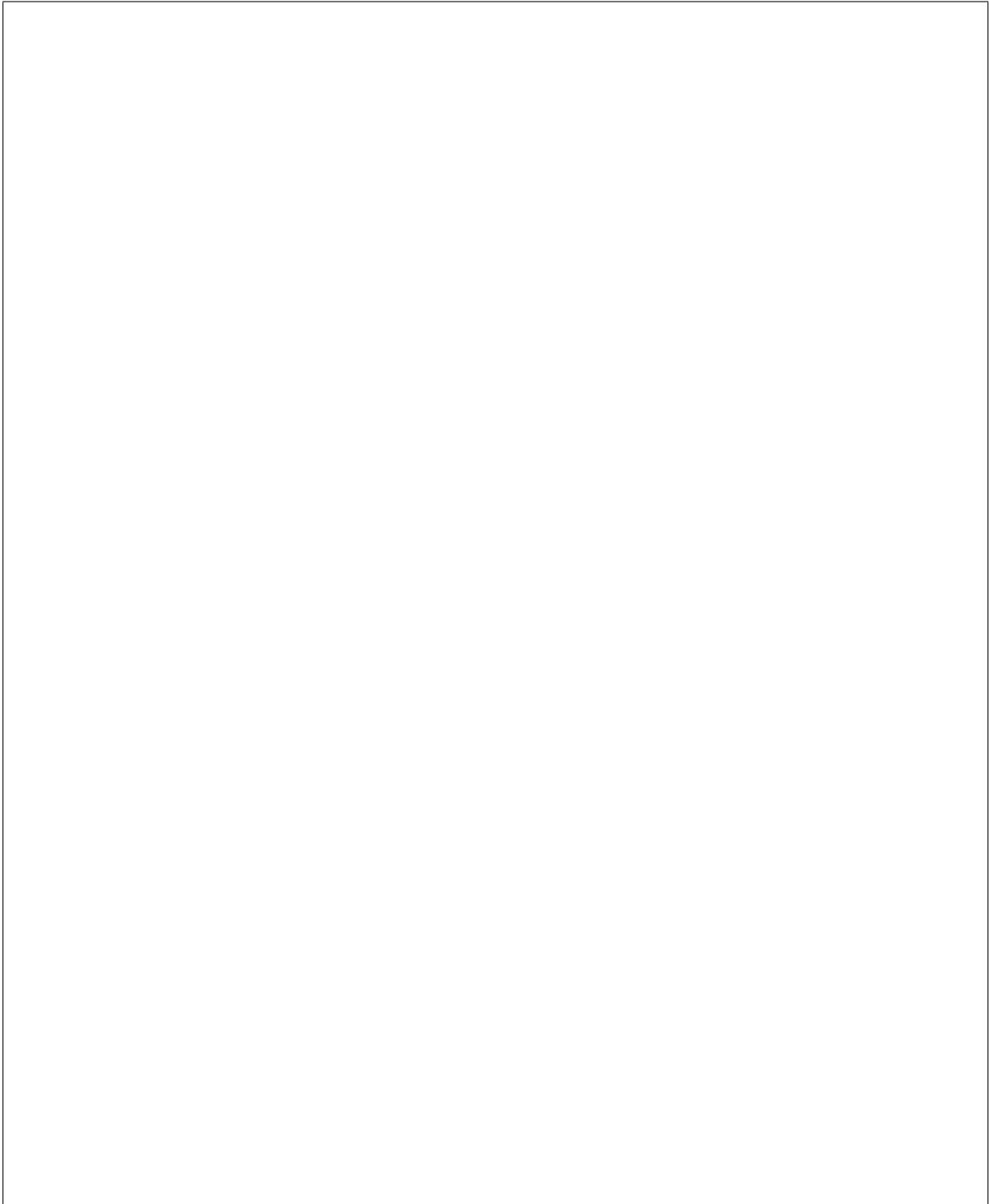


Figure 1: Diagramme de phase des composants A et B

- Déterminez les points de fusion pour les composants purs A et B.

2. Deux composés chimiques stables, AB et AB_4 , peuvent être formés. Expliquez comment le diagramme de phase (Figure 1) permet de faire cette conclusion. Déterminez les points de fusion des composés AB et AB_4 . Quelle différence observez-vous entre le comportement de fusion de AB et le comportement de fusion de AB_4 ? Commentez votre réponse.

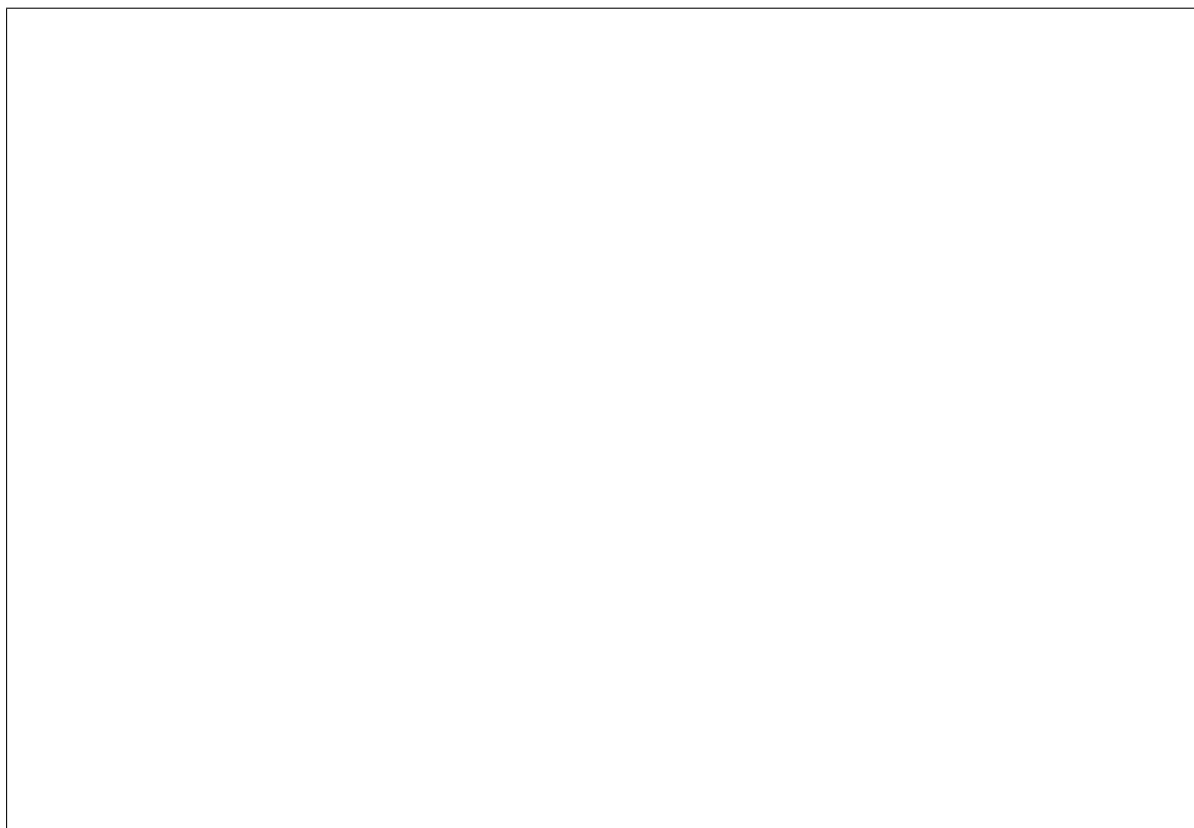
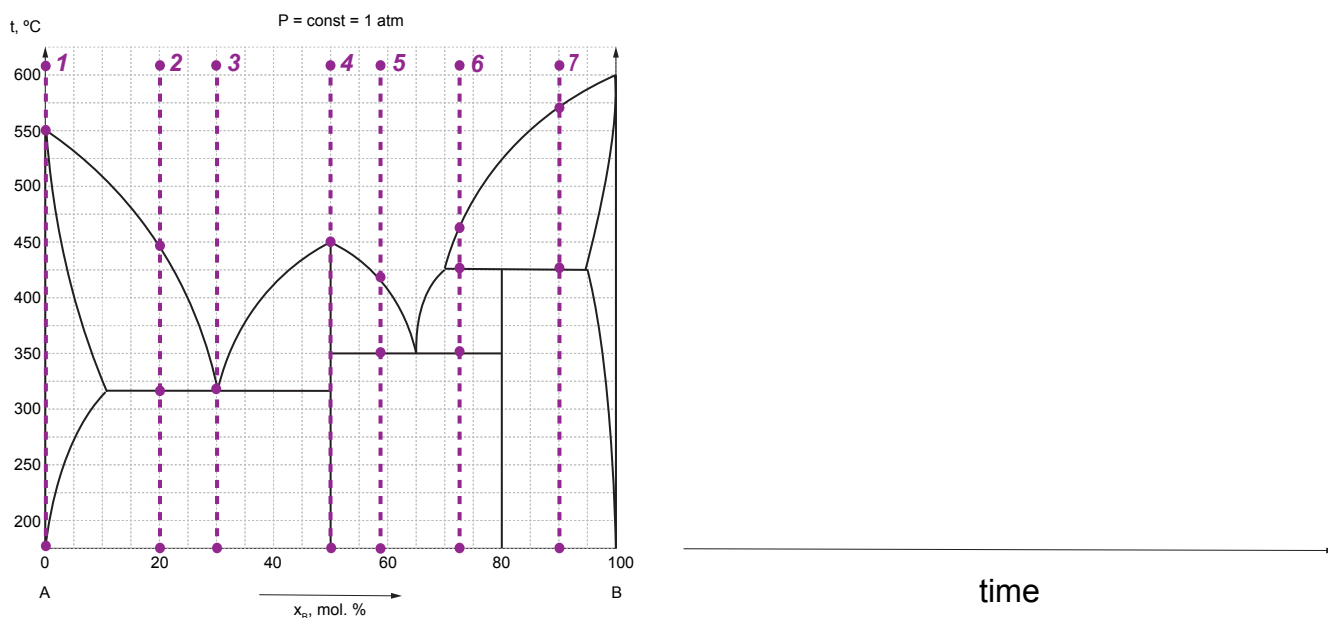
3. Décrivez la composition de phase de chaque région (I à XI).



4. **Annotez directement sur le diagramme** de phase (Figure 1) toutes les lignes eutectiques et péritectiques que vous trouvez.

5. Un mélange à l'équilibre à 400 °C contient 9 moles de A et 1 mole de B . Trouvez les compositions des phases dans ces conditions (en % mol), la quantité de chaque phase (en moles) et la quantité de A dans chaque phase.

6. En utilisant le même diagramme de phases (Figure 2), tracez les courbes de refroidissement pour chacune des lignes 1 à 7. Il peut être utile d'utiliser l'espace à droite. Calculez le nombre de degrés de liberté dans chaque région sur chacune de ces lignes.



Exercice 4 (30 points)

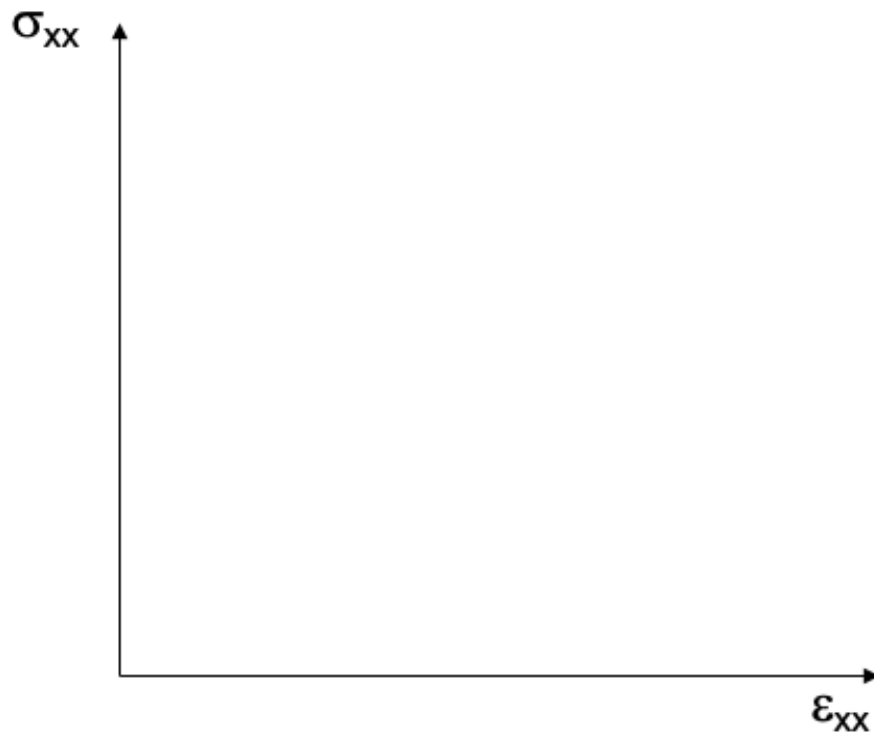
Dans cet exercice, nous nous intéresserons à une éprouvette de traction (Figure 3), qui est une forme en "os de chien" normalisée pour les échantillons à tester en essai de traction, composé d'un **polymère ductile**.



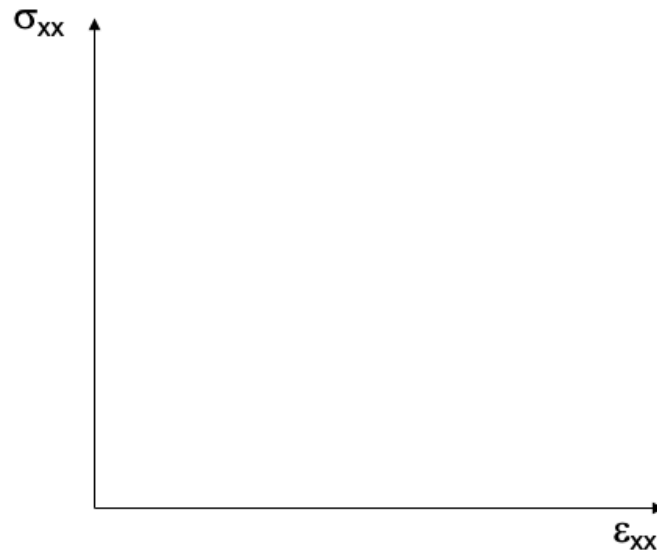
Figure 3: Photo d'une éprouvette de traction normalisée fabriquée dans le laboratoire SuNMIL.

1. Dessinez la courbe de traction de ce polymère et annotez les éléments suivant sur votre schéma :

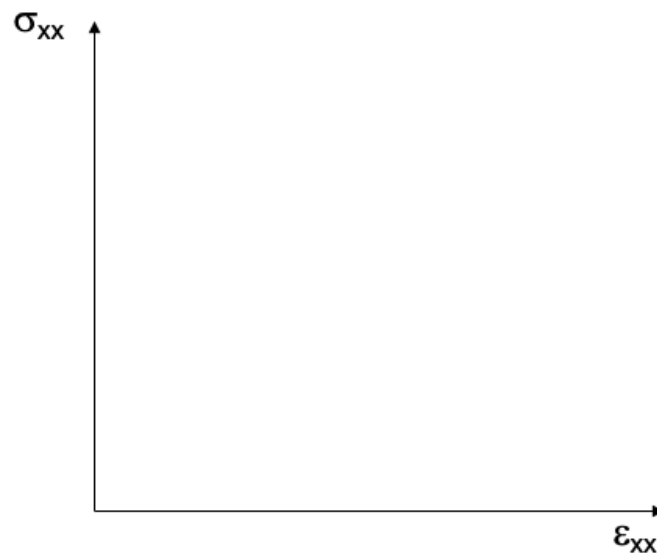
- Le module élastique ou module de Young (E)
- La limite élastique
- Début de la striction
- Rupture



2. Nous décidons de réticuler ce polymère afin d'augmenter sa résistance à l'usure. Cette réticulation réduit la mobilité des chaînes de polymère, dessinez la nouvelle courbe de traction de ce polymère réticulé.



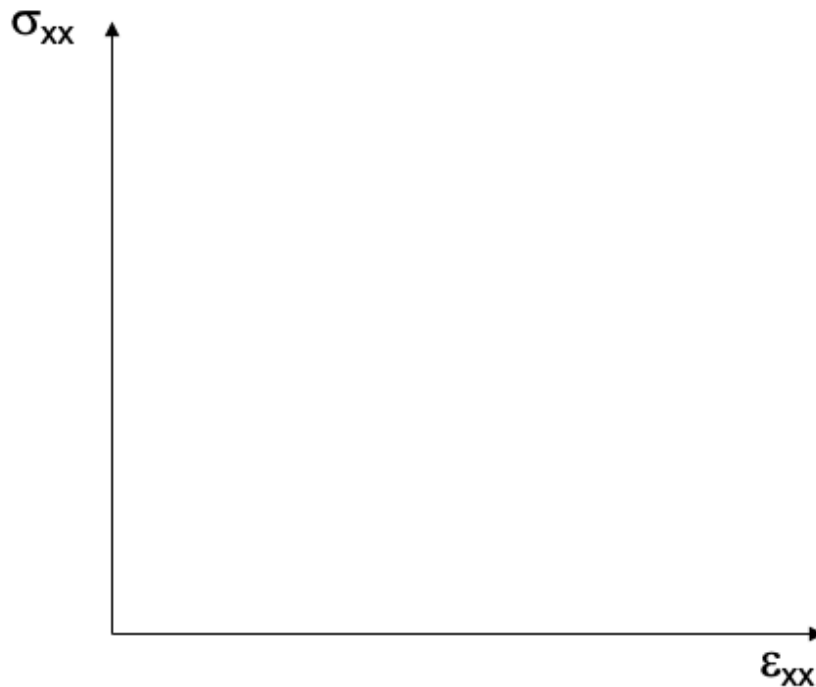
3. Nous décidons à présent de réticuler ce polymère jusqu'à la diminution maximale de mobilité des chaînes du polymère. Dessinez la nouvelle courbe de traction de ce polymère.



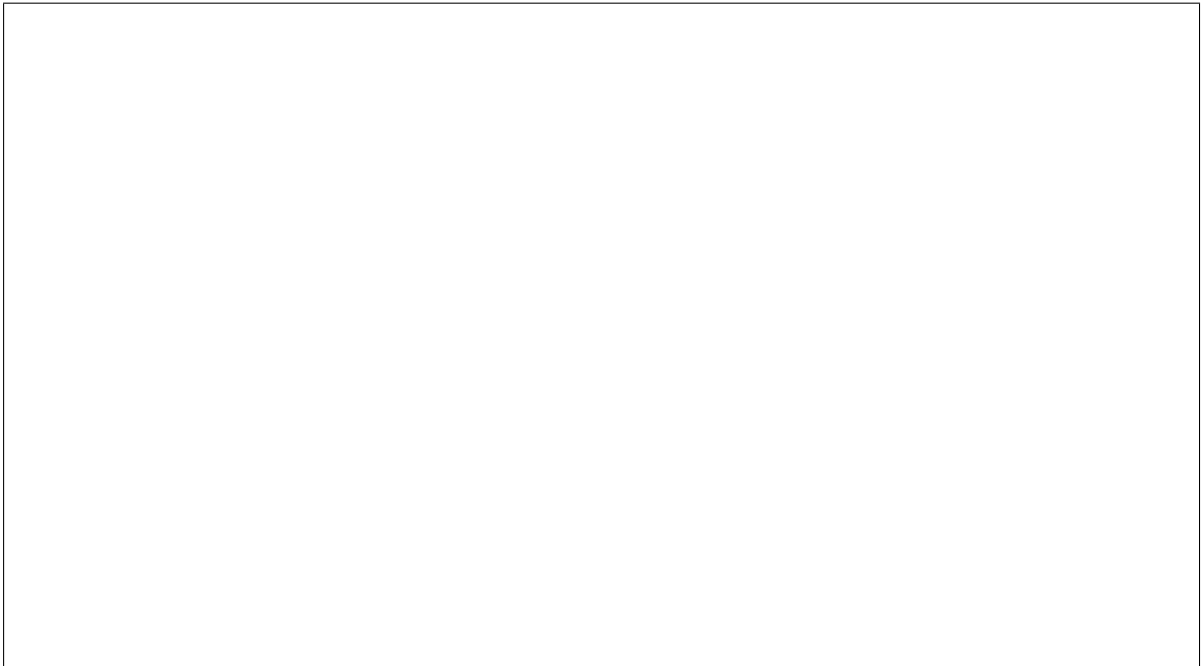
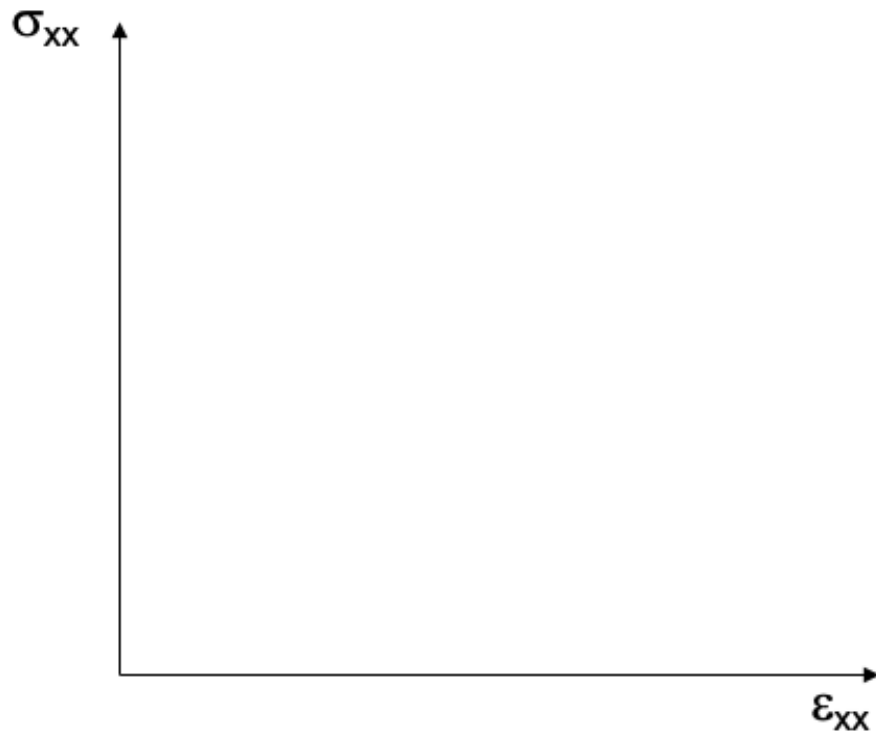
4. Décrivez brièvement la différence entre les modules de Young de ces différents types de polymères (ductile, réticulé à mobilité réduite et réticulé au maximum).

A partir de maintenant, nous considérons **un polymère semi-cristallin**, c'est-à-dire qui présente des régions cristallines et des régions amorphes dans sa structure.

5. Dans la question 1, vous avez dessiné la courbe de traction de la région amorphe uniquement. Dessinez la courbe de traction de la partie cristalline uniquement.



6. Dessinez une courbe probable pour le polymère semi-cristallin formé des deux régions représentées ci-dessus et expliquez votre raisonnement.



Nous supposons à présent que ce polymère est utilisé pour fabriquer des tubes devant résister à certaines pressions.

En utilisant la courbe de Wöhler (Figure 4), répondez à la question suivante :

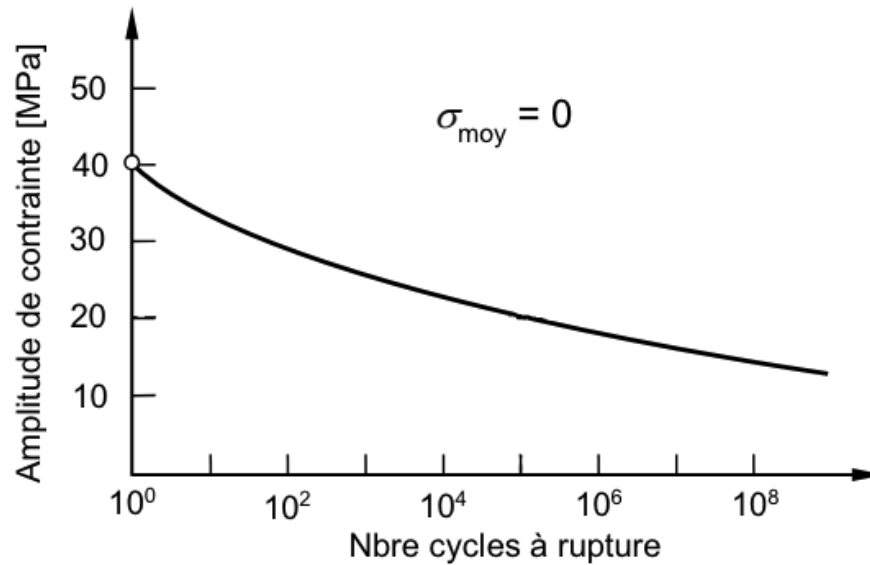
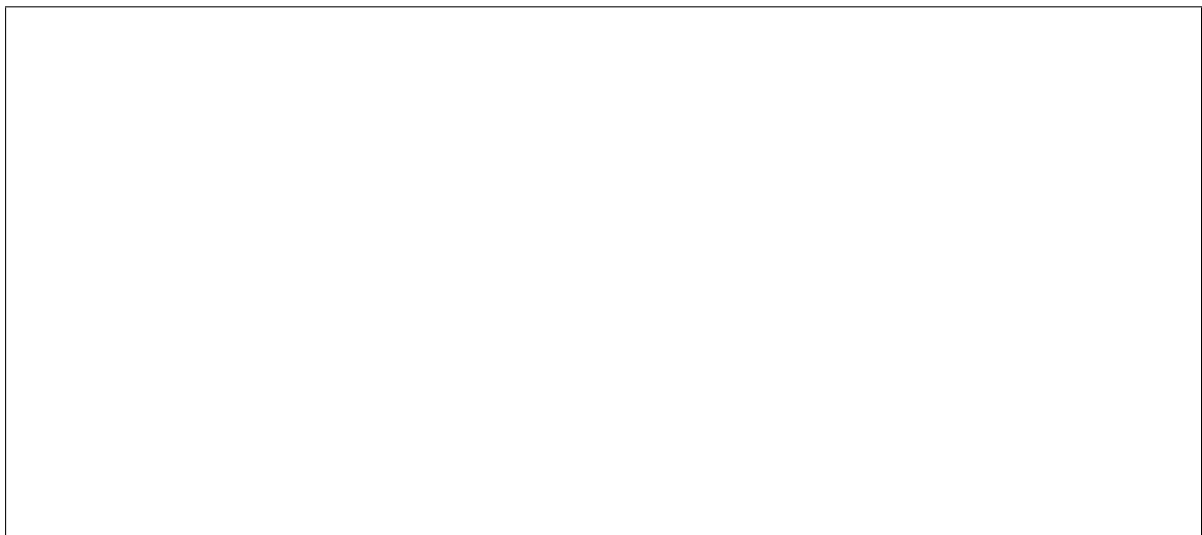
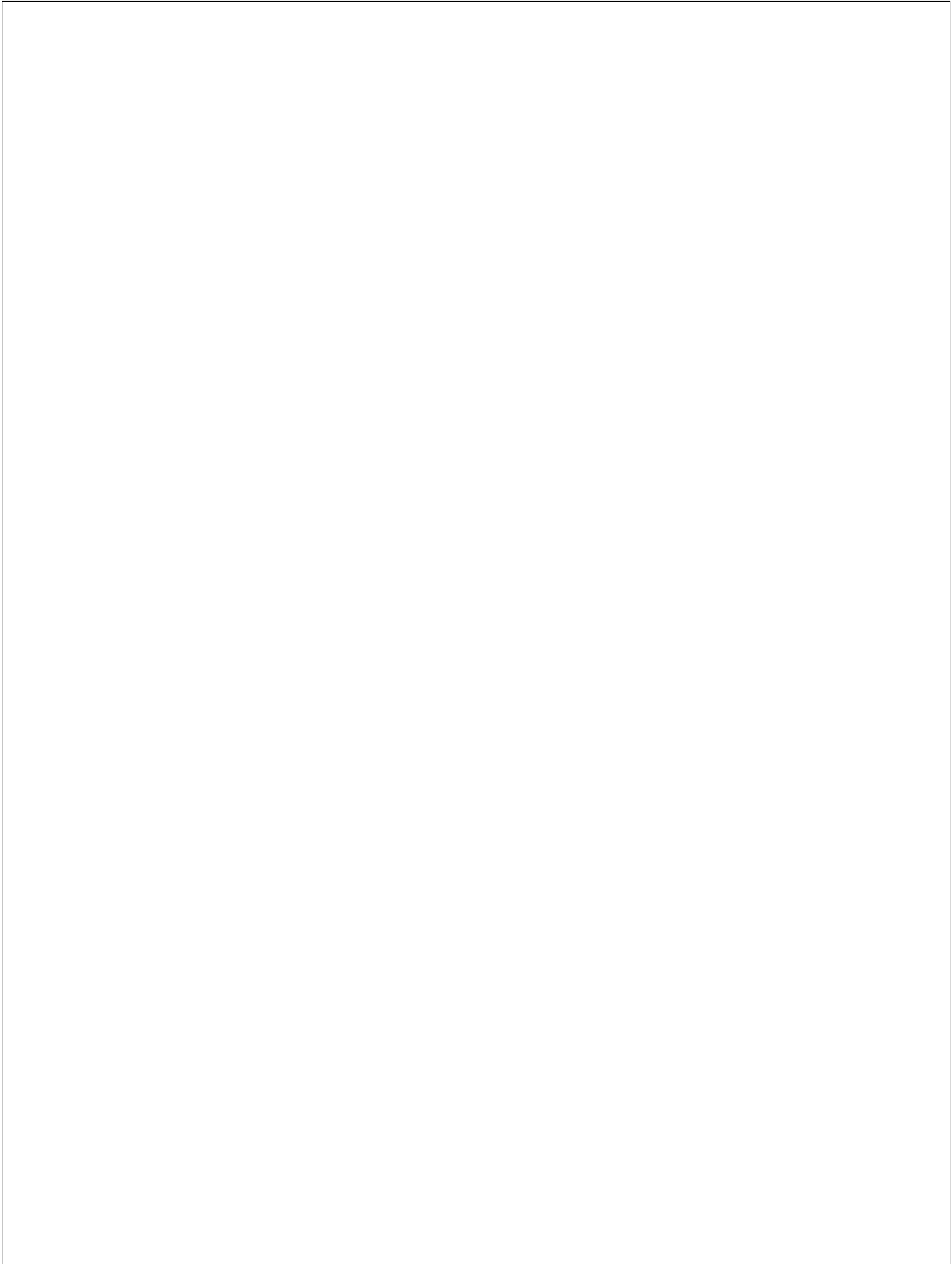


Figure 4: Courbe de Wöhler

7. Ce tube est soumis à 10^4 cycles avec une amplitude de contrainte de 20 MPa, centrée sur une contrainte moyenne nulle puis on diminue l'amplitude de la contrainte de charge à 15 MPa, toujours à contrainte moyenne nulle. En utilisant la règle de Miner, combien de cycles cette pièce tiendra-t-elle encore à l'amplitude de contrainte de 15 MPa ? Faire apparaître vos tracés sur la courbe. (*Vous avez encore de la place sur la prochaine page pour répondre*)





8. Une doctorante du laboratoire SuNMIL réalise pour la première fois des essais de traction sur de nouveaux échantillons, ayant du mal à interpréter ses nouveaux résultats, elle va voir le Prof. Stellacci pour lui montrer les courbes ci-dessous (Figure 5). Au premier coup d'œil, le Prof. Stellacci s'exclame : “tes échantillons ont au moins un défaut !”. Expliquez pourquoi le professeur peut affirmer cela et de quel(s) défaut(s) il parle.

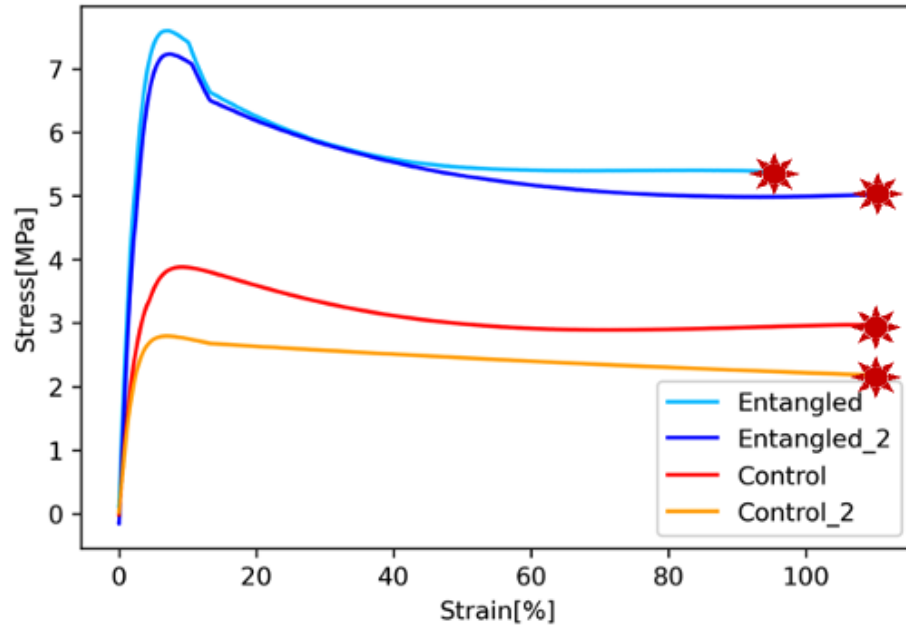


Figure 5: Courbes expérimentales de traction générées dans le laboratoire SuNMIL.

