

- La liste suivante propose des exemples de questions pouvant être posées le jour de l'examen
- Version 1718

## GENERALITES

1. On souhaite choisir un matériau pour réaliser des câbles de transport de l'électricité en extérieur (ex. câbles entre pylônes EDF). Donner 3 propriétés physiques désirables pour ce matériau.
2. Rappeler quelles sont les quatre principaux types de liaisons physico-chimiques rencontrés dans les matériaux solides.
3. Une unité anglo-saxonne de mesure de la pression est le psi (pound per square inch). Celle-ci s'exprime en livre-force (noté lbf) par pouce carré (noté in<sup>2</sup>). Sachant qu'une livre-force équivaut à 4.448 Newton et qu'un pouce équivaut à 2.54 centimètres, exprimer une pression de 1 psi en kilo-Pascal.
4. Ecrire la relation **matricielle** permettant d'exprimer l'état de contraintes en fonction de l'état de déformations dans le cas de l'élasticité linéaire orthotrope 3D (coefficients  $C_{ijkl}$ ).
5. Représenter graphiquement les courbes typiques obtenues pour des essais de traction uniaxiale sur des matériaux fragiles et ductiles. Commenter.
6. Quelle est l'unité du coefficient de dilatation thermique et que mesure-t-il ? (1pt)
7. Représenter en 3D la distribution des liaisons covalentes autour d'un atome de carbone.
8. Expliquer la notion de fluage (graphique(s) et équation(s) bienvenus).
9. Expliquer la notion de relaxation mécanique (graphique(s) et équation(s) bienvenus).
10. Définir la notion d'électronégativité d'un constituant.
11. Entre un anion et un cation issus d'un même élément, qui a le rayon le plus large et
12. Donner trois paramètres généraux influençant les propriétés d'un matériau.
13. Que représente la résistance mécanique (contrainte ultime, tensile strength) ?
14. On considère un filament de longueur L et de diamètre D1 constitué d'un matériau M1. Il est recouvert uniformément d'un revêtement en matériau M2 de sorte que l'ensemble du fil ait un diamètre D (avec  $D \ll L$ ). Les modules d'Young et limites d'élasticité de M1 et M2 sont respectivement  $E_1, \sigma_{y1}$  et  $E_2, \sigma_{y2}$ . On met en tension l'ensemble en appliquant des déplacements croissants aux extrémités. Y'a-t-il uniformité de l'état de contrainte, de l'état de déformation, ou les deux sur une section du fil ? Pour quelle charge commence-t-on à plastifier ? Quelle est la première phase à plastifier ? (6pt)
15. Expliquer la notion de polymorphisme dans le contexte des matériaux cristallins.

## METAUX

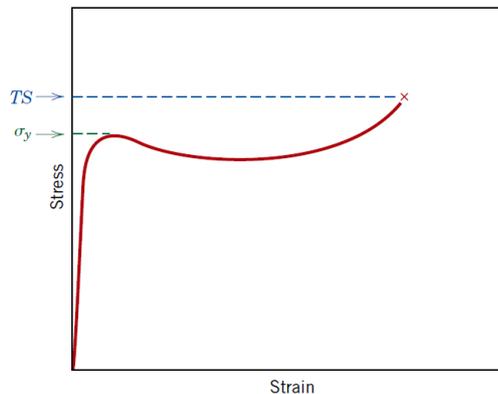
16. Donner les valeurs du module d'Young de l'acier et l'aluminium standards.
17. Donner les valeurs des masses volumiques de l'acier et l'aluminium standards.
18. Pour les matériaux à structure cristalline, rappeler le nombre de types de cellules-unitaires (cubique, hexagonal...) et le nombre de types de réseaux cristallins (réseaux de Bravais).
19. Représenter géométriquement les structures cristallines : cubique faces centrées (FCC, Face Centered Cubic) et cubique centrée (BCC, Body Centered Cubic).
20. Quel est l'ordre de grandeur de la taille d'une maille cristalline dans un métal ?
21. Pour les applications industrielles, les métaux sont rarement utilisés purs, sous quelle forme sont-ils alors rencontrés ?

## CERAMIQUES

22. Comment définir un matériau céramique au regard des atomes le constituant ?
23. Définir avec précision 3 matériaux céramiques différents avec leurs formules chimiques.
24. Définir trois familles de matériaux céramiques en fonction de la nature de l'atome non-métallique et les illustrer chacune par un exemple.
25. Tracer la courbe  $\sigma = f(\varepsilon)$  pour un essai de traction uni axial réalisé sur un métal classique. Y représenter le module d'Young  $E$ , la limite d'élasticité  $\sigma_y$  ainsi que la contrainte ultime  $\sigma_u$ .
26. Illustrer graphiquement cette notion pour des nombres de 2 et de 3 en distinguant bien anions et cations.
27. Donner 2 familles de propriétés où les céramiques s'avèrent classiquement plus performantes que les autres types de matériaux.

## POLYMERES

28. La courbe suivante décrit le comportement d'un matériau polymère. Commenter la courbe et faire le lien avec la microstructure de ce type de matériau. (3pt)

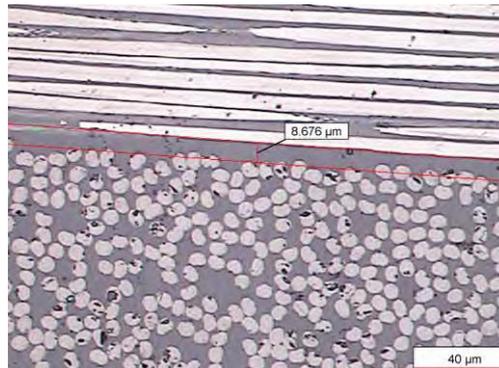


29. Donner un exemple de matériau visco-élastique.
30. Donner un exemple d'application pertinente pour un matériau visco-élastique et expliquer.
31. Quelle est la principale différence entre des matériaux polymères thermo-plastiques et thermo-durcissants au regard de la température ?
32. Nommer les deux sous-classes de matériaux plastiques
33. Quelles microstructures possèdent respectivement les polymères thermo-plastiques et thermo-durcissant ?
34. Donner deux exemples de matériaux thermo-plastiques.
35. Donner une valeur typique de masse volumique pour un matériau polymère (unité comprise !).
36. Comment expliquer la tortuosité classiquement observée pour une chaîne de polymère ?

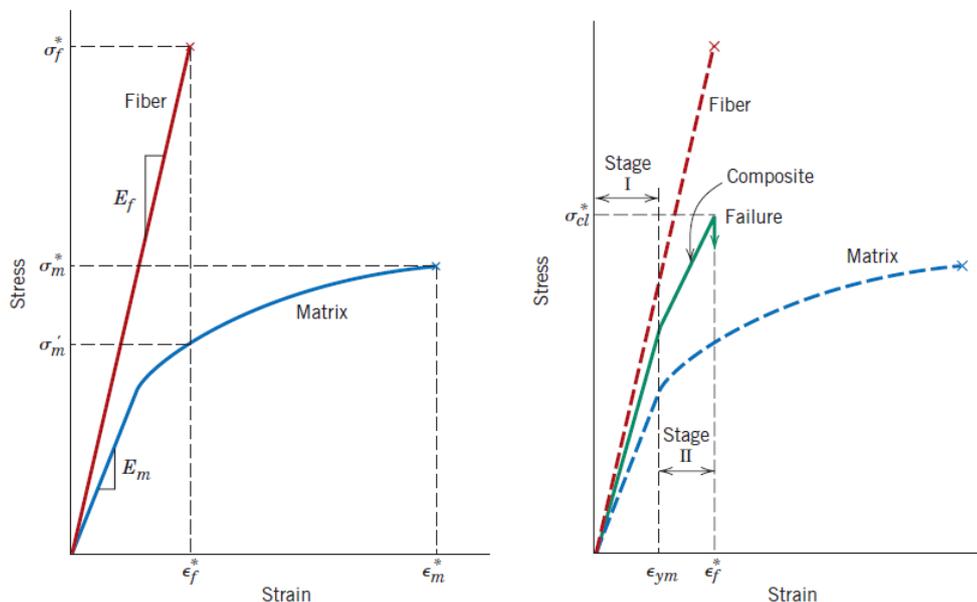
## COMPOSITES

37. Donner un exemple de matériau composite sandwich.
38. Commenter le graphique suivant où l'axe des abscisses décrit la fraction volumique de renfort dans un matériau composite (whisker ~ fibre courte). (2pt)
39. Donner les trois principaux modes d'endommagement dans un matériau composite.
40. Définir ce qu'est un matériau composite sandwich et donner un exemple.
41. La valeur de la masse volumique homogénéisée d'un composite est-elle donnée par la borne de Voigt, celle de Reuss ou ni l'une ni l'autre ? Expliquer.

42. Donner l'exemple d'un problème pouvant être rencontré suite à l'imprégnation imparfaite de renforts en fibres de carbone par une résine polymère. (1pt)
43. On considère un matériau composite renforcé par des fibres longues orientées dans la même direction. La fraction volumique de renfort est de 60%. Les modules de rigidité sont : 250 GPa pour le renfort, 10 GPa pour la matrice. Donner les valeurs des modules de rigidité attendus dans les directions longitudinale (parallèle aux fibres) et transverse (orthogonale aux fibres).
44. Un matériau composite renforcé par des fibres longues possède une résistance mécanique longitudinale très supérieure à sa résistance mécanique transverse : proposer une hypothèse explicative.
45. Définir le matériau représenté dans l'image suivante :



46. Commenter les graphiques suivants : (3pt)



47. Donner l'ordre de grandeur du diamètre d'une fibre de carbone.
48. Tracer les évolutions de  $E^{Voigt}$  et  $E^{Reuss}$  en fonction de  $\phi_1$ .

## ENDOMMAGEMENTS

49. Décrire la notion de fatigue d'un matériau métallique au sens macroscopique. (2 pt)
50. Tracer une courbe de Wöhler classique (pour un métal) en explicitant bien les quantités sur les axes. (2pt)