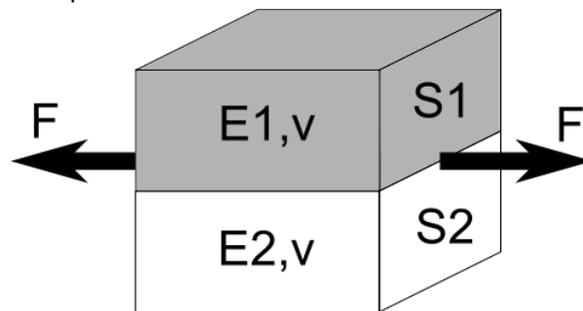


- La liste suivante propose des exemples de questions pouvant être posées le jour de l'examen
- Version 141212

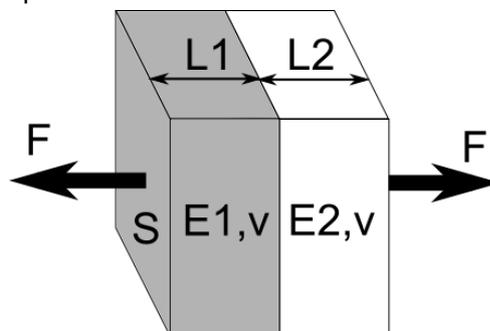
1. On souhaite choisir un matériau pour réaliser des câbles de transport de l'électricité en extérieur (ex. câbles entre pylônes EDF). Donner 3 propriétés physiques désirables pour ce matériau.
2. Rappeler quelles sont les quatre principaux types de liaisons physico-chimiques rencontrés dans les matériaux 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 in²). 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. Définir la notion mécanique de dureté d'un matériau.
5. Combien de coefficients distincts comporte la loi de comportement d'un matériau orthotrope 3D en élasticité linéaire
6. 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}).
7. Définir ce qu'est un matériau piézo-électrique.
8. Représenter graphiquement les courbes typiques obtenues pour des essais de traction uniaxiale sur des matériaux fragiles et ductiles. Commenter.
9. Tracer la courbe de comportement d'un matériau non-élastique.
10. Donner les valeurs du module d'Young de l'acier et l'aluminium standards.
11. Donner les valeurs des masses volumiques de l'acier et l'aluminium standards.
12. Pour les matériaux métalliques, rappeler le nombre de types de cellules-unitaires (cubique, hexagonal...) et le nombre de types de réseaux cristallins (réseaux de Bravais).
13. Représenter géométriquement les structures cristallines : cubique faces centrées (FCC, Face Centered Cubic) et cubique centrée (BCC, Body Centered Cubic).
14. Quelle structure cristalline possède les métaux usuels Ag, Al, Au, Cu et quelle caractéristique mécanique particulière cette structure leur confère-t-elle ?
15. Quel est l'ordre de grandeur de la taille d'une maille cristalline dans un métal ?
16. Comment définir un matériau céramique au regard des atomes le constituant ?
17. Quel est le principal inconvénient d'ordre mécanique des matériaux céramiques ?
18. Définir avec précision 3 matériaux céramiques différents avec leurs formules chimiques.
19. Définir trois familles de matériaux céramiques en fonction de la nature de l'atome non-métallique.
20. Définir ce qu'est un matériau visco-élastique.
21. Donner un exemple de matériau visco-élastique.
22. Donner un exemple d'application pertinent pour un matériau visco-élastique.
23. Quelle est la principale différence entre des matériaux polymères thermo-plastiques et thermo-durcissants ? Quelle est l'influence de la microstructure ?
24. Donner trois exemples de matériaux pouvant constituer la phase de renfort dans un matériau composite à fibres.
25. Donner les trois principaux modes d'endommagement dans un matériau composite.

26. Dans le cas d'un matériau composite laminé, quel type de sollicitation mécanique est en général le plus susceptible d'engendrer un premier endommagement ? Argumenter.
27. 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.
28. Les bornes de Voigt et Reuss sont utilisées pour encadrer le module d'Young homogénéisé d'un matériau hétérogène constitué de deux phases élastiques et isotropes. Quelle condition sur les coefficients matériaux des deux phases faut-il satisfaire pour garantir l'exactitude de l'encadrement ?
29. On considère un fil de fer de diamètre 1.25mm. Il est recouvert uniformément d'un revêtement en aluminium de sorte que l'ensemble ait un diamètre de 2.5mm. La limite d'élasticité de l'acier est de 200 MPa et celle de l'aluminium de 70 MPa. On met en tension le fil en appliquant une charge croissante. A quelle charge commence-t-on à plastifier ? Quelle est la première phase à plastifier ?
30. L'objet de cette question consiste à démontrer la formule de la borne de Voigt. On considère le volume élémentaire composite suivant :



Deux phases sont agencées de manière parallèle à l'effort F appliqué sur la surface $S=S_1+S_2$. Les modules d'Young respectifs sont E_1 et E_2 . Les 2 matériaux possèdent le même coefficient de Poisson. On fait l'hypothèse que règne dans les 2 phases la même déformation $\bar{\epsilon}$. Au moyen de la loi de Hooke 1D, exprimer les efforts F_1 et F_2 portés par chacune des phases en fonction de $E_1, S_1, E_2, S_2, \bar{\epsilon}$. Exprimer ensuite le module d'élasticité homogénéisé E^* en fonction de $F, S, \bar{\epsilon}$. Combiner les différentes expressions pour retrouver la formule de la borne de Voigt.

31. L'objet de cette question consiste à démontrer la formule de la borne de Reuss. On considère le volume élémentaire composite suivant :



Deux phases sont agencées de manière orthogonale à l'effort F appliqué sur la surface S . Les modules d'Young respectifs sont E_1 et E_2 . Les 2 matériaux possèdent le même coefficient de Poisson. Le volume a une longueur $L=L_1+L_2$. On fait l'hypothèse que règne dans les 2 phases la même contrainte $\bar{\sigma}=F/S$. Au moyen de la loi de Hooke 1D, exprimer les allongements des 2 phases $\Delta L_1, \Delta L_2$ en fonction de $E_1, L_1, E_2, L_2, \bar{\sigma}$. Exprimer ensuite l'allongement ΔL de

l'ensemble du composite en fonction de E^* (module homogénéisé), L , $\bar{\sigma}$. Combiner les différentes expressions pour retrouver la formule de Reuss.

32. 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).
33. On considère un matériau composite renforcé par des fibres longues identiques de section circulaire. Toutes les fibres sont orientées dans la même direction. Est-il possible d'atteindre 100% de fraction volumique de renfort ? Dessiner la configuration donnant la valeur maximale de fraction volumique de renfort.
34. Exprimer une pression de 1 GPa en N / mm^2 .
35. Rappeler quelles sont les unités SI (Système International) pour les grandeurs physiques suivantes : force, masse, temps, longueur. Donner une expression physique reliant ces quatre grandeurs entre elles.
36. Combien de coefficients distincts comporte la loi de comportement d'un matériau isotrope en élasticité linéaire ? Les nommer.
37. Tracer les courbes de comportement d'un matériau non-élastique et d'un matériau élastique non-linéaire. Expliquer brièvement.
38. 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 σ_y ainsi que la contrainte ultime σ_u .
39. De quelle(s) nature(s) sont les liaisons physico-chimiques dans les matériaux céramiques ?
40. Les métaux ont-ils plutôt tendance à devenir des anions ou des cations ? Donner 2 exemples.
41. Donner deux cas d'application où l'on préférera utiliser un matériau céramique plutôt qu'un matériau métallique.
42. Donner les formules chimiques des monomères de polyéthylène PE (pour rappel, le plus « simple » de tous) et du polychlorure de vinyle PVC.
43. Qu'est-ce qu'un copolymère ?
44. Expliquer la notion de fluage (graphique(s) et équation(s) bienvenus).
45. Expliquer la notion de relaxation mécanique (graphique(s) et équation(s) bienvenus).
46. Quel est le principal oxyde constituant le verre ?
47. Donner la formule chimique du verre ?
48. A quelle famille de matériau appartient le verre ?
49. A quelle famille de matériau appartient le kevlar (aramid) ?
50. Définir la notion d'électronégativité d'un constituant.
51. Quel type de liaison est favorisé par une forte disparité entre les valeurs d'électronégativité des constituants impliqués ?
52. Entre un anion et un cation issus d'un même élément, qui a le rayon le plus large et pourquoi ?
53. Donner 2 familles de propriétés où les céramiques s'avèrent classiquement plus performantes que les autres types de matériaux.
54. Donner les noms (ou formules) de 3 matériaux polymères hormis le PE et le PVC évoqués à la question précédente.
55. Comment expliquer la grande sensibilité des polymères au phénomène de fluage ?

56. Donner les trois grandes familles de matériaux composites distinguées selon la « géométrie » caractéristique de la phase de renfort.
57. Donner une classification possible des matériaux composites autre que celle concernant la géométrie de la phase de renfort.
58. Définir précisément trois exemples de matériaux composites.
59. Donner l'ordre de grandeur du diamètre d'une fibre de carbone.
60. On considère un matériau composite à 2 phases de fractions volumiques respectives ϕ_1 et ϕ_2 ayant comme module d'Young respectifs E_1 et E_2 . Donner les expressions des bornes de Voigt et de Reuss encadrant le module E^* homogénéisé du composite.
61. Tracer les évolutions de E^{Voigt} et E^{Reuss} en fonction de ϕ_1 .
62. Définir les quatre principales échelles d'observation pour un matériau (par exemple un acier de construction navale) en détaillant les ordres de grandeur caractéristiques.
63. Définir la notion de nombre de coordination pour un matériau céramique.
64. Illustrer graphiquement cette notion pour des nombres de 2 et de 3 en distinguant bien anions et cations.
65. En élasticité linéaire, la loi de comportement permet de relier les contraintes aux déformations selon : $\sigma_{ij} = C_{ijkl} \epsilon_{kl}$. De combien de coefficients distincts dépend cette loi pour : le cas général, un matériau orthotrope 3D, un matériau isotrope.