**MQ51 EXAMEN MEDIAN 21.10.14**

*documents autorisés, durée 2 heures* R. HERBACH

**PARTIE A : ESSAI DE TRACTION DU CUIVRE (**questions 1 à 4 sur 15 points).

Une éprouvette en cuivre est soumise à un essai de traction monotone mené jusqu’à la rupture. La section initiale du barreau est de 113 mm2 dans la partie utile. Les points relevés pendant l’essai figurent dans un tableau. L’effort de traction *F* est en kN et l’allongement *ΔL* en mm, mesuré à l’extensomètre par rapport à une longueur initiale *L0* de 50 mm :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| point | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| *F* | 0 | 4,463 | 9,94 | 12,11 | 17,00 | 21,10 | 22,00 | 25,89 | 25,98 | 25,55 | 19,35 |
| *ΔL* | 0 | 0,15 | 0,59 | 1,73 | 6,25 | 12,68 | 14,99 | 40,00 | 50,01 | 62,02 | 66,99 |

**A1)** Donnez dans un tableau les contraintes (MPa) et les déformations conventionnelles pour ces 11 points. Complétez le tableau avec les contraintes et déformations réelles (rationnelles) pour les points pour lesquels c’est possible. Expliquez dans chaque cas votre manière de faire.

**A2)** Le diagramme rationnel de l’essai est approximé par deux lois distinctes : une loi de Hollomon valable entre les points 1 et 3 et une loi de Ludwik valable entre les points 3 et 9. Pour cette dernière on prend *C0* = 72 MPa. Déterminez ces deux lois en indiquant leur domaine de validité en *ε*. Donnez la preuve que vos lois sont valables pour les points 1 à 9.

**A3)** Etant donné que le diagramme rationnel de l’essai ne présente pas de partie linéaire, expliquez comment on doit conduire l’essai pour déterminer le module d’Young *E* du cuivre. On trouve *E =* 128 GPa. En déduire la limite conventionnelle d’élasticité $σ\_{Y}$ à 0,2% en indiquant comment vous procédez (essayez au voisinage de *ε* = 2,26.10-3).

**A4)** Tracez le (grand) cercle de Mohr correspondant à l’état des contraintes dans l’éprouvette au point 5. En déduire l’état des contraintes sur un petit élément de matière dont les facettes sont à ± 45° par rapport à l’axe central de l’éprouvette (qui coïncide avec la direction de traction). Faire une représentation dans le plan physique. Mettez toutes les indications utiles sur vos figures (coordonnées, échelles, vecteurs unitaires, normales…).

**A5)** En supposant que le cuivre est exempt de viscosité et qu’il peut par conséquent être représenté par un modèle élastoplastique M continu (ou infini, c’est la même chose), déterminez la densité volumique d’énergie stockée dans les ressorts au point 9 (en MPa = MJ.m-3).

**PARTIE B : MODELE RHEOLOGIQUE EN DEPLACEMENT IMPOSE** (sur 5 points).

Le modèle rhéologique étudié est constitué d’un patin célibataire de seuil *S* = 500N placé en parallèle d’un modèle de Maxwell généralisé à 3 branches. Ce dernier modèle est défini par son ressort célibataire *G∞* = 5.104 N.m-1 et par son spectre discret *G1* = 2.105 N.m-1 avec un temps de relaxation *T1* = 5s pour la branche 1, *G2* = 105 N.m-1 avec *T2* = 10s pour la branche 2. Le modèle est à l’équilibre *F* = 0 et δ = 0 pour t < 0. On impose le déplacement suivant (m) :

$$δ\left(t\right)= 10^{-3}t pour 0\leq t<10s et δ\left(t\right)=2.10^{-2}-10^{-3}t pour 10\leq t<20s.$$

**B1)** Donnez l’expression numérique la plus simple possible de $F\left(t\right) pour 0\leq t<10s$. Que valent *F*(0) et *F*(10) dans cet intervalle ?

**B2)** Donnez l’expression numérique la plus simple possible de $F\left(t\right) pour 10\leq t<20s$. Que valent *F*(10) et *F*(20) dans cet intervalle ? Expliquez la discontinuité sur *F*(10).