



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2012

BTS PROTHÉSISTE-ORTHÉSISTE

SCIENCES APPLIQUÉES – U. 3

SESSION 2012

—
Durée : 3 heures
Coefficient : 3
—

Matériel autorisé :

- toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999).

Tout autre matériel est interdit.

Documents à rendre avec la copie :

- annexe 1.....page 7/8
- annexe 2.....page 8/8

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

BTS PROTHÉSISTE-ORTHÉSISTE	Session 2012
Sciences appliquées – U. 3	Code : PRSCA Page : 1/8

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX (7 points)

BIOMÉCANIQUE DE L'OS

I- Propriétés générales

L'os est un matériau constitué de plusieurs phases : la matrice essentiellement en collagène et l'os minéral. L'os tire sa résistance mécanique de l'association de ces deux phases. Des tests établissent que l'os est un matériau élastique qui suit la loi de Hooke.

Le **diagramme 1** en ANNEXE 1 (page 7/8), représente la contrainte normale σ appliquée en fonction de la déformation relative, ε .

1- Comment nomme-t-on un matériau constitué de plusieurs phases ?

2- Compléter le **diagramme 1** en indiquant :

- l'axe représentant les contraintes appliquées, σ ,
- l'axe représentant les déformations relatives, ε ,
- la zone élastique,
- sur l'axe, la résistance élastique, R_e .

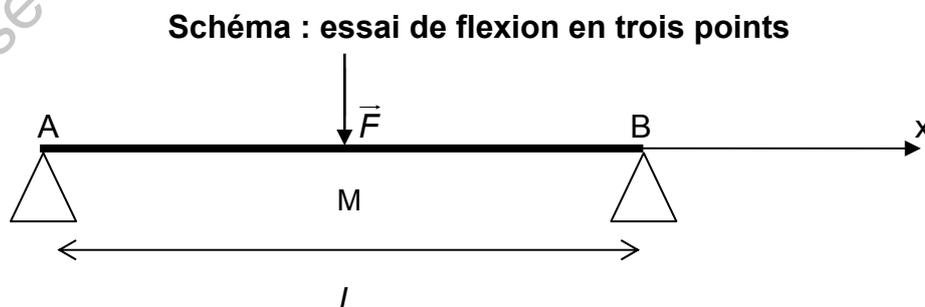
3- Pourquoi dit-on que l'os est un matériau élastique ? Expliquer votre réponse en vous appuyant sur la loi de Hooke.

4- Comment pourrait-on déterminer E , module d'élasticité du matériau, à partir du **diagramme 1** ?

II- Résistance en flexion de l'os creux et de l'os plein

1- On soumet un échantillon d'os à un essai de flexion en trois points.

1.1- L'os de longueur L est soumis à une force verticale, \vec{F} , de valeur F , agissant au milieu M de l'os. Il est placé sur deux appuis à ses extrémités en A et B. L'adhérence et le poids de l'os par rapport aux valeurs des forces de contact sont négligés.



Placer sur le schéma (**sans souci d'échelle**) les forces appliquées sur l'os testé, en A et B.

1.2- Exprimer les intensités des forces appliquées sur l'os en A et B, en fonction de F , dans les conditions de l'essai.

1.3- Établir les équations des moments fléchissants en fonction de F et x .
On appellera x , la distance de l'appui en A, à la section étudiée.

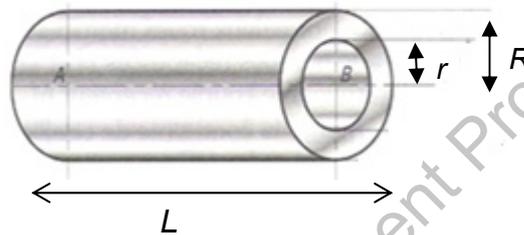
1.4- Dédurre, de la question précédente, le diagramme des moments fléchissants.

1.5- Vérifier que la flexion est maximale au milieu de la poutre en $x = L/2$ et que la valeur absolue du moment fléchissant, M_{fmax} est égale à : $M_{fmax} = \frac{F \times L}{4}$.

2- On veut calculer les contraintes appliquées à un os plein et celles appliquées à un os creux, pour des échantillons de même longueur L .

Dimensions :

- os plein de rayon R ;
- os creux de rayon extérieur R et rayon intérieur r , comme noté sur le **schéma ci-dessous**.



Formulaire

- **Moment quadratique axial d'un disque plein de rayon R :**

$$I_z = \frac{\pi}{4} \times R^4$$

- **Moment quadratique axial d'un disque creux de rayon extérieur R et de rayon intérieur r :**

$$I_z = \frac{\pi}{4} \times (R^4 - r^4)$$

- **Contrainte normale en flexion pour un point situé à une distance y du centre de gravité de la section :**

$$\sigma = \frac{M_f \times y}{I_z}$$

2.1- Sachant que la contrainte supportée par un os en flexion est maximale à la périphérie de l'os, donner l'expression générale de la contrainte maximale de l'os plein ou creux en fonction de R , I_z et de M_{fmax} .

2.2- À l'aide du résultat de la **question 1.5-** et de la relation précédente, établir l'expression de la contrainte maximale supportée par l'os plein en fonction de F et R . On la notera $\sigma_{max}^{(p)}$.

2.3- Sachant que $r = 0,8 R$, démontrer que la contrainte maximale notée $\sigma_{max}^{(c)}$ supportée par l'os creux est la suivante :

$$\sigma_{max}^{(c)} = \frac{F.L}{\pi \times R^3} \times \frac{1}{1 - 0,8^4}$$

2.4- Pour comparer les contraintes subies par l'os creux et par l'os plein (de même longueur et de même rayon extérieur R).

Calculer le rapport des contraintes maximales : $\frac{\sigma_{max}^{(c)}}{\sigma_{max}^{(p)}}$

BIOMÉCANIQUE (9 points)

STATIQUE DU PIED EN STATION UNIPODALE

La connaissance des appuis d'un pied au sol est nécessaire pour concevoir les orthèses plantaires. Elle se fait à partir d'une prise d'empreintes en statique.

Dans cet exercice, le phénomène d'adhérence est négligé, les contacts sont supposés ponctuels et toutes les forces sont dans le plan des figures.

I- Questions préliminaires (figure 1, ANNEXE 1)

À la fin du cycle du pas, le poids de la personne est décalé vers l'avant du pied.

On note \vec{P} , le poids de la personne, d'intensité $P = 600$ N.

Sa droite d'action Δ est indiquée sur la **figure 1**.

1- En déduire toutes les caractéristiques de la force résultante \vec{R} exercée par le sol sur le pied en station unipodale. Justifier les réponses.

2- En précisant l'échelle utilisée, représenter la force résultante \vec{R} sur le schéma de la **figure 1**.

II- Valeurs des forces agissant sur le pied (figure 1)

La droite D représente la droite d'action de la force \vec{F} produite par la contraction du triceps sural par l'intermédiaire du tendon calcanéen.

Soit T le point d'application de la force résultante, \vec{R}_T de l'action du tibia sur le talus (astragale). Le poids du pied est négligé par rapport aux autres forces.

BTS PROTHÉSISTE-ORTHÉSISTE		Session 2012
Sciences appliquées – U. 3	Code : PRSCA	Page : 4/8

1- Faire le bilan des forces extérieures agissant sur le système "pied" dans la position de la **figure 1** en précisant leurs caractéristiques connues.

2- Déterminer graphiquement sur la **figure 1** à l'échelle, les caractéristiques inconnues des forces \vec{F} et \vec{R}_T .

On précisera l'échelle choisie pour représenter les intensités des forces.

3- En utilisant les résultats obtenus :

3.1- calculer les rapports F/P et R_T/P ;

3.2- quelle conclusion pouvez-vous en déduire dans le cas d'un patient souffrant d'arthrose à la cheville ?

III- Modèle de l'arche longitudinale médiale du pied (figure 2, ANNEXE 2 page 8/8)

Au cours du déroulement de la marche, le pied est en contact avec le sol aux appuis schématisés par les points A et B. On rappelle que la station est unipodale.

Le support du poids \vec{P} de la personne est représenté sur la **figure 2** et son intensité est : $P = 600 \text{ N}$. On appelle I l'intersection de ce support avec le sol.

1- Montrer par le calcul en vous aidant de la **figure 2** que les intensités des forces \vec{P} , \vec{R}_A et \vec{R}_B exercées par le sol sur le pied respectivement en A et B sont environ :

$$R_A = 105 \text{ N et } R_B = 495 \text{ N.}$$

On indiquera sur la **figure 2** qui est à l'échelle, les longueurs nécessaires aux calculs.

Dans le modèle simplifié de l'arche plantaire longitudinale représenté sur la **figure 3 (ANNEXE 2)**, on considère que seule la corde plantaire intervient pour maintenir le pied en forme – structure triangulaire.

L'avant-pied et l'arrière pied sont symbolisés par les axes TA et TB reliés entre eux par la corde plantaire (aponévrose plantaire), en T, au niveau de l'articulation de la cheville.

2- À quel type de sollicitation la corde plantaire est-elle soumise ?

3- Représenter sur la **figure 3, sans souci d'échelle** :

- les forces agissant sur la corde plantaire, supposée horizontale et de poids négligeable ;

- la force \vec{F} exercée par la corde plantaire sur TA.

4- Comment évolue l'intensité de la force \vec{F} dans le cas d'un pied creux ?

Expliquer la réponse.

CHIMIE DES MATIÈRES PLASTIQUES (4 points)

RÉSINES POUR STRATIFICATIONS

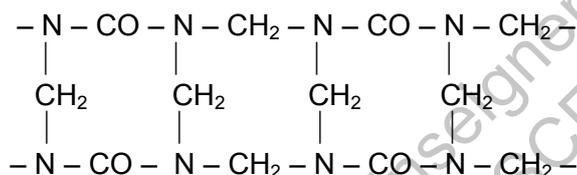
Les résines aminoplastes et phénoplastes présentent des facilités de mise en œuvre et sont largement utilisées pour la fabrication de stratifiés par imprégnation de support.

Certaines résines aminoplastes sont synthétisées à partir d'urée et de formaldéhyde dont on donne les formules chimiques ci-dessous :

Formaldéhyde : HCHO

Urée : NH_2CONH_2

- 1- Donner les formules développées de ces deux espèces chimiques.
- 2- Comment nomme-t-on le formaldéhyde en appliquant les règles de nomenclature ?
- 3- Le formaldéhyde et l'urée polymérisent pour former une macromolécule dont on donne la représentation d'un fragment ci-dessous :



- 3.1- De quel type de réaction de polymérisation s'agit-il ? Justifier.
 - 3.2- Quelle est la structure du polymère obtenu ?
 - 3.3- Combien de sites réactifs possèdent chacune des deux espèces chimiques ?
 - 3.4- Quelle propriété physique cette structure donne-t-elle au polymère ?
- 4- Le protocole de la synthèse d'une résine urée - formol est le suivant :
- « - préparer une solution de 6,0 g d'urée acidifiée par de l'acide chlorhydrique ;
 - ajouter alors 10 mL de formaldéhyde à 35 % en masse ;
 - puis agiter avec une baguette de verre.
- Le mélange s'épaissit et s'échauffe. La résine obtenue se présente sous forme d'un gel. »
- 4.1- La réaction est-elle endothermique ou exothermique ? Justifier la réponse.
 - 4.2- Calculer les quantités de matière en mol de formaldéhyde, n_f et d'urée, n_u utilisées.

Masses molaires en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$: $M_{\text{H}} = 1,0$; $M_{\text{C}} = 12,0$; $M_{\text{N}} = 14,0$; $M_{\text{O}} = 16,0$.

Densité du formaldéhyde à 35 % en masse : 1,08.

ANNEXE 1
(à rendre avec la copie)

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX



Diagramme 1

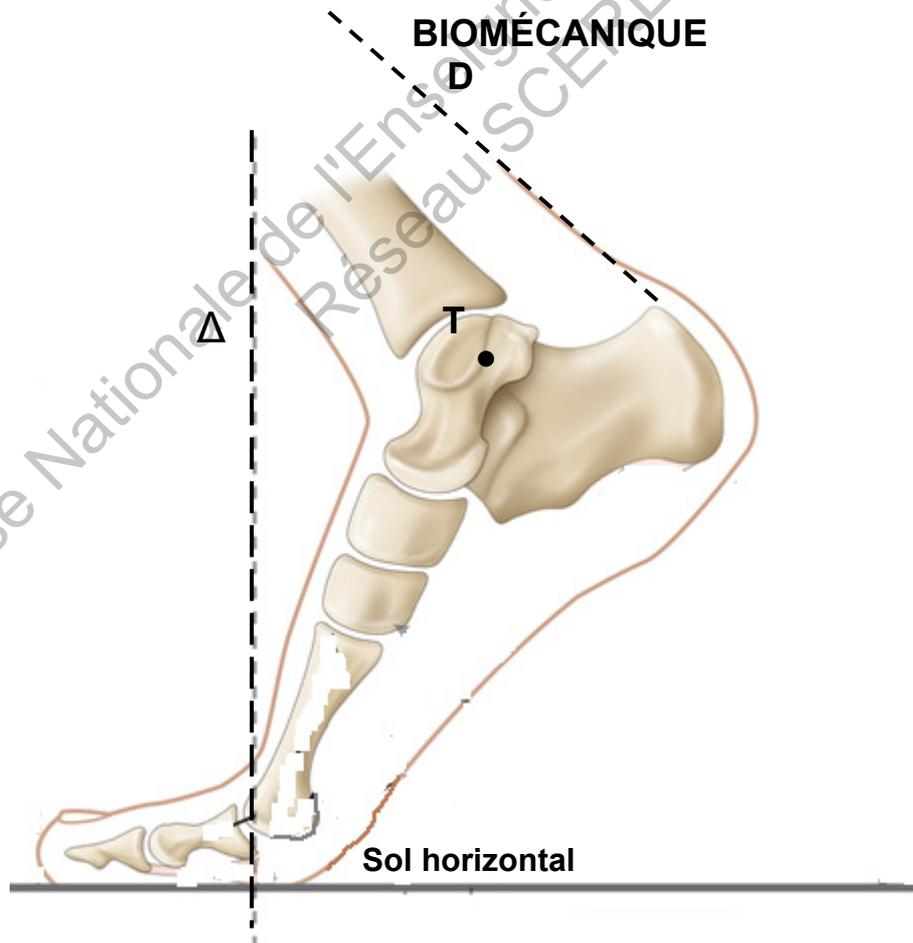


Figure 1

ANNEXE 2
(à rendre avec la copie)

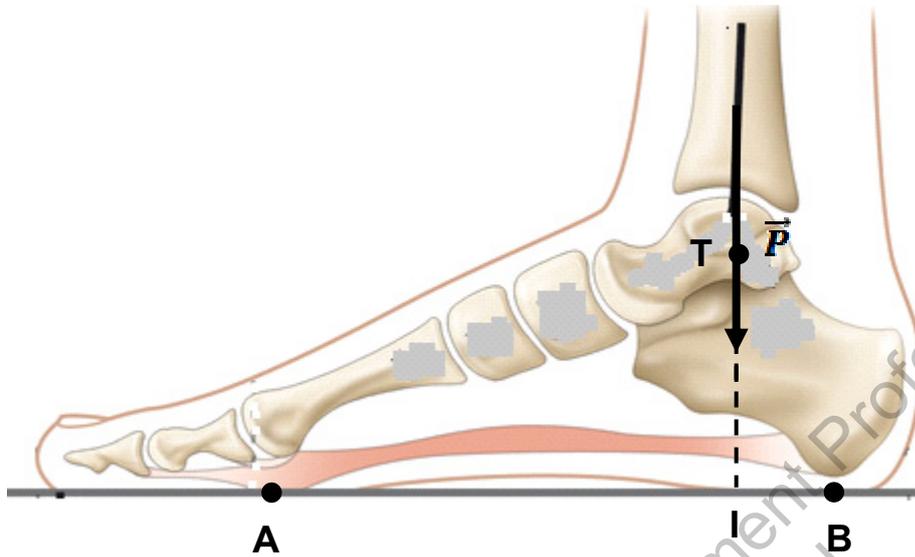


Figure 2

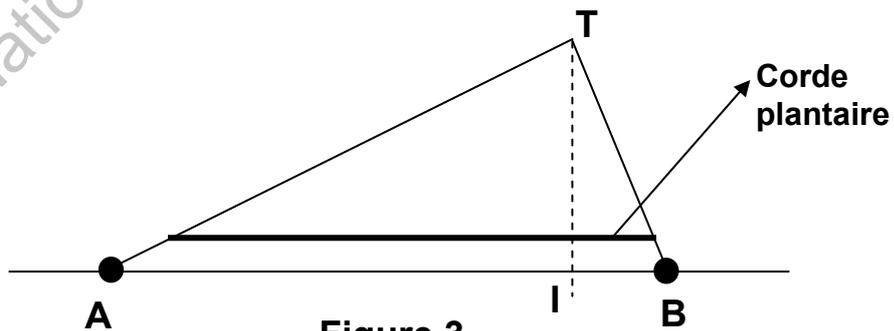


Figure 3