

**Université de Nantes**  
**UFR STAPS**

Année universitaire 2010/2011

1ere session

Année d'études : *Licence 2*  
Enseignant responsable : *C Cornu, A Nordez, S Dorel*

Durée de l'épreuve : *1h30*  
Documents autorisés : *aucun*

**UEF 33 – Connaissances scientifiques (1)**  
**EC 331 – Biomécanique du système neuromusculaire**

**CONSIGNES GENERALES**

**Partie QCM (barème 14/20)**: les réponses sont à reporter sur la grille réponse ci-jointe.

**Partie exercice (barème 6/20)** : les réponses sont à formalisées dans les cadre prévus à cet effet et intégré dans une copies anonymée

**Pour QCM**

ATTENTION : UTILISEZ UNE ENCRE NOIRE OU BLEUE.

COCHEZ LA OU LES PROPOSITIONS EXACTES SUR LA GRILLE REPONSE.

En cas d'erreur de votre part, effacez la totalité de la case avec du blanc correcteur et indiquez dans le cadre situé sous votre signature le numéro de la case altérée par erreur.

DANS LE CADRE RESERVE AU CODE REGLEMENTAIRE REPORTEZ VOTRE NUMERO DE TABLE.

Section : inscrivez **STAPS**.

VOUS N'OUBLIEZ PAS D'INDIQUER VOS NOM, PRENOM SUR LA GRILLE REPONSE A L'EMPLACEMENT PREVU.

**IMPORTANT**

Ce sujet comporte 14 pages y compris celle-ci

Ce sujet comporte : **QCM** 150 items

1 exercice

L'UTILISATION DE LA CALCULATRICE N'EST PAS AUTORISEE

**Pour toutes les propositions suivantes, cochez la ou les affirmation(s) ou réponse(s) exacte(s)**

- 1- la gradation de la force musculaire se fait généralement par sommation spatiale et sommation temporelle
- 2- la sommation spatiale s'explique par une augmentation de la quantité de calcium au niveau des protéines contractiles lors de la contraction
- 3- la sommation spatiale s'explique par une meilleure sollicitation des structures élastiques de transmission de la force
- 4- la sommation temporelle permet de retarder la fatigue musculaire en recrutant progressivement les unités motrices
- 5- le phénomène d'escalier résulte de l'amélioration de la cinétique calcique et d'une diminution de l'acide lactique produit pendant la contraction musculaire
  
- 6- au cours du maintien postural, les muscles ne sont pas sollicités en condition excentrique puisqu'il n'y a aucun mouvement
- 7- les muscles squelettiques peuvent servir de ligaments actifs afin d'augmenter la congruence des articulations
- 8- au cours de la contraction, les muscles produisent de la chaleur utilisée ce qui augmente leur rendement mécanique
- 9- la chaleur produite par les muscles au repos permet aux réactions chimiques de se dérouler dans l'organisme dans des conditions optimales
- 10- le muscle a un rendement mécanique relativement faible d'environ 50%
  
- 11- la contractilité d'un muscle correspond à sa faculté de répondre à un stimulus par une contraction adéquate
- 12- l'excitabilité d'un muscle correspond à sa capacité de percevoir le stimulus et d'y répondre
- 13- l'extensibilité d'un muscle correspond à sa capacité à être déformé
- 14- l'élasticité correspond à la capacité des fibres musculaires à reprendre leur longueur de repos lorsqu'on les relâche
- 15- la compliance d'un muscle correspond à sa capacité à s'étirer lorsqu'il est soumis à une contrainte
  
- 16- au repos, le calcium libéré par le réticulum sarcoplasmique lève l'inhibition du site de fixation de la myosine sur l'actine
- 17- l'hydrolyse du calcium entraîne le pivotement de la tête de myosine fixée à l'actine au cours de la contraction
- 18- l'ATP est responsable de la relaxation de la tête de myosine
- 19- toutes les têtes de myosine ne sont pas actives à chaque instant au cours de la contraction
- 20- la diminution de la concentration de calcium au niveau des myofibrilles entraîne la relaxation du muscle

Considérons une courbe contrainte-déformation d'un matériau, celle-ci :

- 21- présente un domaine élastique non linéaire puis linéaire
- 22- présente un domaine visqueux à partir duquel on observe une déformation résiduelle du matériau
- 23- permet systématiquement de calculer un module d'élasticité caractéristique du matériau indépendamment du niveau de contrainte
- 24- peut permettre de déterminer une contrainte limite à la rupture
- 25- ne permet pas de déterminer une déformation limite élastique

Le muscle squelettique a été modélisé par Hill (1938) qui propose un système mécanique composé :

- 26- d'une composante contractile et d'une composante élastique uniquement
- 27- d'une composante élastique constituée d'une fraction active (ponts acto-myosine) et d'une fraction passive (tissu conjonctif et sarcolemme)
- 28- d'une composante élastique parallèle localisée au niveau des tendons
- 29- d'une composante élastique série chargée de la transmission de la force produite par le muscle en condition passive
- 30- d'une composante élastique parallèle impliquée, à partir d'une certaine longueur, dans la transmission de la force générée par la composante contractile

Les propriétés biomécaniques des tendons et des ligaments évoluent avec l'âge,

- 31- car leur section transversale augmente jusqu'à la puberté puis plus progressivement ensuite
- 32- car le nombre de cellules par unité de volume de tissu tendineux et ligamentaire augmente jusqu'à 25 ans environ puis diminue progressivement
- 33- car la quantité de collagène dans ces tissus augmente fortement après 30 ans
- 34- car la quantité d'eau dans ces tissus diminue après 30 ans
- 35- provoquant préférentiellement des ruptures de l'insertion puisque la résistance du ligament augmente moins au cours de la croissance que celle de la jonction os-ligament

La relation force-longueur isométrique du muscle isolé présente un tracé complexe à partir duquel on peut montrer :

- 36- que pour de faible longueur de muscle, la force produite est élevée parce que la stimulation est maximale
- 37- que la force développée par le muscle ne dépend pas uniquement de la stimulation
- 38- qu'il faut, à partir d'une certaine longueur de muscle, tenir compte de la relation force-vitesse de la composante élastique parallèle
- 39- que la relation force-longueur de la composante contractile a une allure hyperbolique
- 40- que la quantité de tissu conjonctif du muscle influence le comportement de la relation force-longueur globale

Le comportement de la composante élastique parallèle :

- 41- caractérise le système musculo-tendineux à l'état passif
- 42- présente un caractère visco-élastique
- 43- montre un phénomène d'hystérésis caractéristique d'une structure visco-élastique et influencé par le traitement mécanique antérieur de la structure
- 44- décrit une relation tension-longueur de nature parabolique
- 45- doit être pris en compte à partir d'une certaine longueur d'étirement du muscle

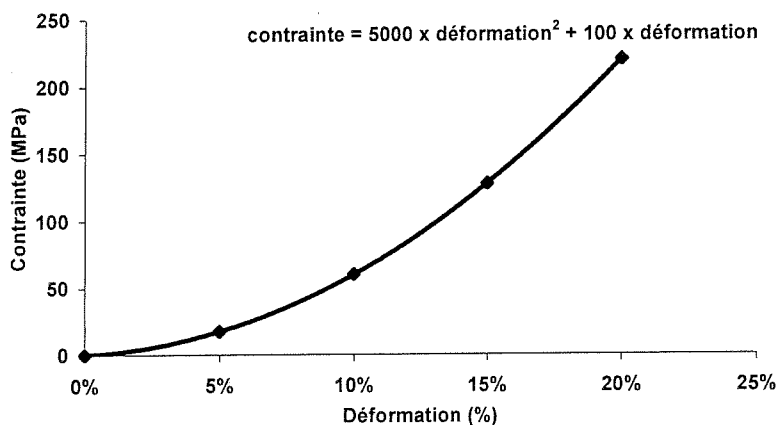
Concernant, les propriétés biomécaniques des tendons ou ligaments,

- 46- les charges physiologiques lors d'activités normales ne dépassent généralement pas 50% de la contrainte maximale (à la rupture)
- 47- l'activité augmente les contraintes appliquées aux tendons et ligaments et, malgré leurs propriétés visco-élastiques, augmente leurs déformations
- 48- l'augmentation de la vitesse de sollicitation de ces structures diminue leur raideur
- 49- l'augmentation de la vitesse de sollicitation de ces structures augmente leur viscosité
- 50- lorsque la vitesse de sollicitation de ces structures diminue, on observe la relaxation du tissu c'est à dire que pour un niveau de contrainte donné, leur déformation augmente

Considérons les modalités de contraction musculaire. Selon vous :

- 51- le muscle est un générateur de viscosité qui travaille en raccourcissement
- 52- une contraction excentrique peut être réalisée en condition isocinétique
- 53- un muscle qui s'allonge alors qu'il est stimulé travaille en isotonique
- 54- une contraction en condition dynamique caractérise une contraction isotonique
- 55- les gestes de la vie courante (ex : marche, montée et descente d'escalier ...) mettent en jeu les deux types de contractions excentriques et concentriques.

On caractérise la relation contrainte déformation d'un tendon :



La raideur tangente du tendon étudié sur la figure ci-dessus est :

- 56- de 0 MPa à 0% de déformation
- 57- de 100 MPa à 0% de déformation
- 58- de 5000 MPa à 0% de déformation
- 59- de 5100 MPa à 20% de déformation
- 60- de 2100 MPa à 20% de déformation

La relation force-vitesse concentrique du muscle isolé est telle que :

- 61- la vitesse de raccourcissement du muscle diminue lorsque la force augmente
- 62- la vitesse maximale d'étirement du muscle est obtenue pour une charge nulle
- 63- on observe une perte de force avec l'augmentation de vitesse permettant de caractériser une « viscosité analogue » du muscle
- 64- on observe une perte de force avec l'augmentation de vitesse liée à une mobilisation moins rapide de l'énergie mécanique du muscle
- 65- pour une vitesse donnée, la force produite est inférieure à celle produite en condition excentrique

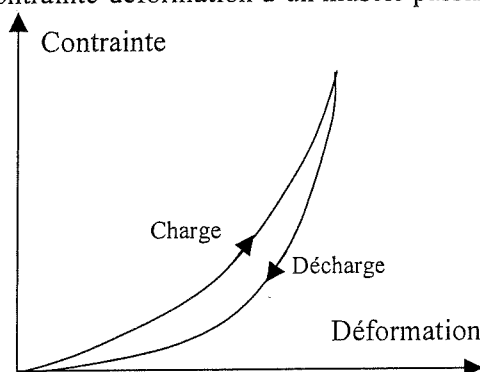
Le comportement viscoélastique implique :

- 66- une relation non linéaire entre la contrainte et la déformation
- 67- une dissipation d'énergie lors d'un cycle d'étirement / relâchement
- 68- une dépendance à la température et à la vitesse de la sollicitation
- 69- un retour à l'état initial incomplet après relâchement de la contrainte
- 70- une indépendance vis à vis des sollicitations mécaniques antérieures du matériau

D'un point de vue biomécanique,

- 71- l'os, lorsqu'il est soumis à une contrainte de flexion, résiste moins bien à la traction qu'à la compression
- 72- le système ligamentaire joue un rôle important de précontrainte pour lutter contre les effets de la torsion
- 73- le système dynamique actif joué par les tendons agit en développant une force sur la convexité de la pièce osseuse afin de déplacer l'axe neutre des contraintes vers cette convexité
- 74- en plus des muscles, les membranes interosseuses viscoélastiques peuvent jouer un rôle dans la limitation des contraintes appliquées à une pièce osseuse
- 75- les tubérosités osseuses permettent d'augmenter le travail des muscles et donc de diminuer les précontraintes appliquées sur l'os

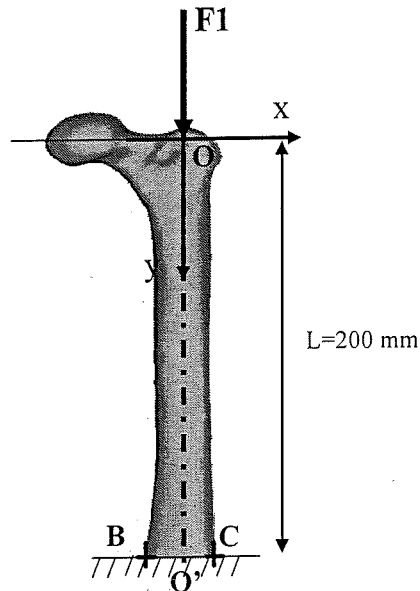
On caractérise la relation contrainte-déformation d'un muscle passif (figure ci-dessous):



Pour ce muscle, le comportement mis en évidence est

- 76- élastique pur
- 77- linéaire
- 78- viscoélastique
- 79- plastique
- 80- viscoplastique

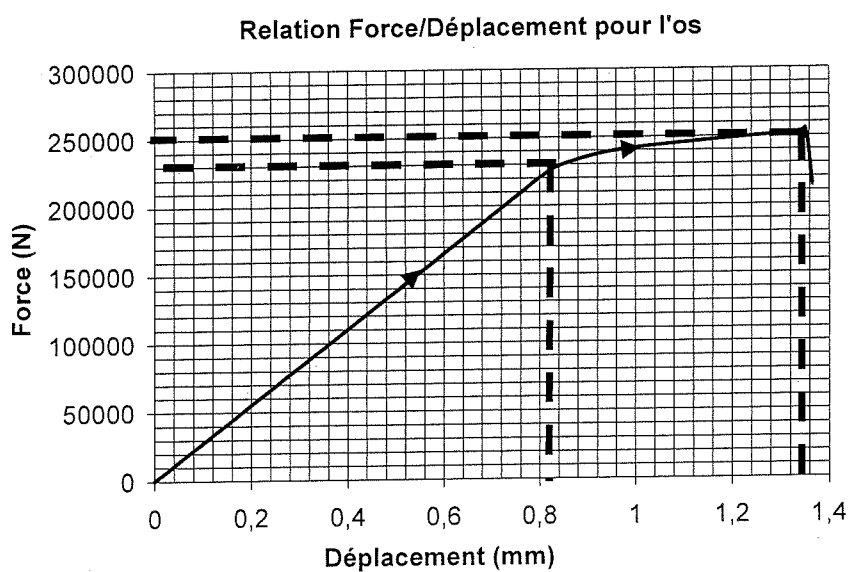
On applique une force  $F_1 = 500 \text{ N}$  à un os (figure ci-dessous)



Si on considère que la surface de section de l'os est constante et égale à  $0.001 \text{ m}^2$ . La contrainte maximale dans l'os induite par  $F_1$  est de

- 81- 500000 MPa
- 82- 500000 Pa
- 83- 0,5 GPa
- 84- 0,5 Mpa
- 85- 0,05MPa

Sur le même os que précédemment, on obtient la relation entre la force ( $F_1$ ) appliquée et le déplacement de l'extrémité de O de l'os



Le comportement mécanique de l'os mis en évidence ci-dessus est

- 86- élastique linéaire dans une première phase
- 87- plastique dans une seconde phase
- 88- globalement elastoplastique
- 89- globalement viscoélastique
- 90- élastique non linéaire

La contrainte limite élastique pour cet os est d'environ

- 91- 230000 Pa
- 92- 23000000 Pa
- 93- 230000 MPa
- 94- 115 Mpa
- 95- 0,230 GPa

Le tissu osseux

- 96- est constitué d'une matrice osseuse et des cellules osseuses exclusivement
- 97- présente des sels de calcium notamment sous forme de cristaux d'hydroxy-apatite
- 98- présente des ostéoblastes responsables de la fabrication de substance osseuse
- 99- présente des ostéoplastes responsables de la résorption osseuse
- 100- présente des ostéoclastes responsables de l'apposition de matière osseuse

La tension maximale isométrique développée par le muscle (secousse isométrique) est une des caractéristiques du générateur de force. Selon vous, la secousse :

- 101- est obtenue par stimulation maximale tétanique du muscle
- 102- permet de déterminer le temps de contraction et le temps de  $\frac{1}{2}$  relaxation du muscle considéré
- 103- est identique lorsque l'on considère un même muscle quelles que soient les conditions de température et de fatigue
- 104- fusionne (sommation) lorsque la fréquence de la stimulation augmente pour donner un plateau tétanique plus ou moins parfait
- 105- a une amplitude maximale qui dépend du type de fibres musculaires constituant le muscle

L'élasticité série du muscle est étudiée grâce à la méthode du quick-release (détente rapide). Cette technique :

- 106- suppose de placer le muscle à une longueur telle que la composante élastique parallèle puisse être déterminée puis soustraite de la relation globale par la suite
- 107- nécessite une libération brutale du muscle préalablement stimulé en condition isométrique
- 108- induit dans un premier temps (isométrique) une contraction de la composante contractile et donc un allongement de la composante élastique parallèle
- 109- induit dans un second temps (relâchement brutal) une détente imputable à la composante élastique série qui restitue l'énergie stockée préalablement
- 110- permet de calculer une raideur de la composante élastique série qui diminue linéairement avec la force

Le tissu osseux subit un remaniement

- 111- journalier d'environ 15 à 17% de sa masse
- 112- mettant en jeu des unités de remaniement constituées d'ostéoblastes et d'ostéoclastes
- 113- tel que la résorption osseuse est inférieure à l'apposition osseuse
- 114- tel que la résorption de matière osseuse se déroule là où le calcium est le plus stocké
- 115- sous double contrôle nerveux et mécanique

S'agissant de l'immobilisation des ligaments,

- 116- elle induit une augmentation de la contrainte à la rupture
- 117- elle induit une diminution de l'élasticité des ligaments
- 118- elle induit une diminution de l'énergie élastique stockée jusqu'à la rupture
- 119- un protocole de rééducation permet de récupérer le niveau d'énergie stockée jusqu'à la rupture aussi rapidement que le niveau de raideur par rapport aux valeurs initiales
- 120- une rééducation bien menée peut permettre de récupérer 100% de la raideur ligamentaire par rapport aux valeurs initiales

Concernant le contrôle du remaniement osseux,

- 121- la parathormone stimule la résorption osseuse en activant les ostéoblastes
- 122- la calcitonine stimule l'apposition de substance osseuse en activant les ostéoblastes
- 123- les sollicitations mécaniques contrôlent l'activation de la calcitonine et de la parathormone
- 124- les sollicitations mécaniques produisent un courant électrique qui déforme légèrement l'os
- 125- les sollicitations mécaniques déterminent l'endroit où le remaniement osseux doit avoir lieu

Globalement, compte tenu de leurs localisations et de leurs propriétés biomécaniques,

- 126- les tendons ont un rôle de transmission de la tension musculaire
- 127- les ligaments permettent également de transmettre la force musculaire à l'os
- 128- les tendons permettent de renforcer la congruence articulaire
- 129- les ligaments servent de guide mouvement au niveau de l'articulation
- 130- les tendons, grâce aux fuseaux neuro-musculaires, renseignent le système nerveux sur la position des membres dans l'espace

Une fracture osseuse peut avoir lieu :

- 131- quand sa contrainte limite élastique est atteinte
- 132- pour des contraintes inférieures au niveau de contrainte à la rupture théorique si l'os a subi des sollicitations mécaniques antérieures
- 133- pour des niveaux de contraintes inférieures à la contrainte à la rupture théorique si les sollicitations sont répétées
- 134- si l'os fatigue, c'est à dire s'il répond moins bien à une stimulation hormonale
- 135- si les muscles qui s'insèrent sur la pièce osseuse fatiguent et donc absorbent moins les contraintes qui s'y appliquent



Généralement, concernant leurs compositions,

136- les tendons et les ligaments diffèrent essentiellement par le pourcentage de collagène de type 1, plus élevé dans les tendons

137- les tendons et les ligaments diffèrent par leur quantité d'élastoblastes responsables de la synthèse de collagène

138- les tendons et ligaments présentent une matrice intra-cellulaire constituée d'eau et de protéines, leur conférant leurs propriétés visco-élastiques

139- les principales protéines des tendons et des ligaments sont le collagène, les protéoglycannes et l'élastine

140- la structure hélicoïdale du collagène (double hélice de tropocollagène) confère aux tendons et ligaments une résistance à la flexion

La relation contrainte-déformation d'un tendon ou d'un ligament

141- présente une phase initiale correspondant à la réorganisation des fibres d'élastine

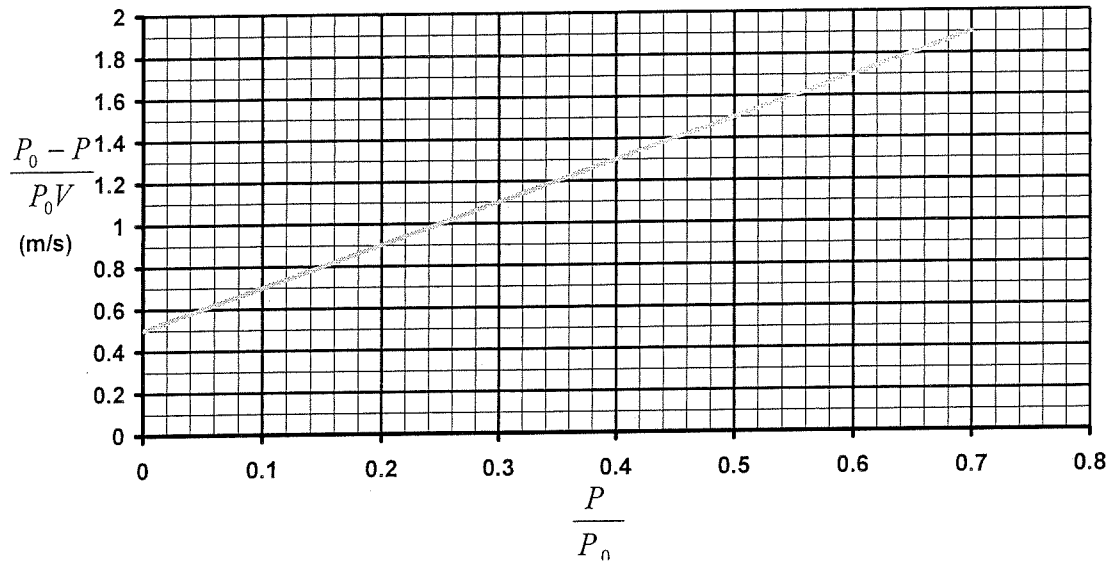
142- présente une deuxième phase élastique linéaire permettant de caractériser une raideur du tissu considéré

143- présente ensuite une troisième zone dite plastique au niveau de laquelle se produisent des microlésions

144- montre enfin une contrainte à la rupture induisant une lésion totale du tissu considéré pour des valeurs moyennes de déformation de 50 à 70%

145- montre que l'élasticité du tissu diminue lorsque la contrainte appliquée augmente

La linéarisation de l'équation de Hill décrivant la relation force-vitesse aboutit à la relation suivante :  $\frac{P_0 - P}{P_0 V} = \frac{a}{bP_0} + \frac{P}{bP_0}$ , avec a et b les constantes de force et de vitesse de l'équation de Hill,  $P_0$  force maximale isométrique, P force développée à la vitesse V. Si l'on trace cette relation, on obtient la courbe suivante :

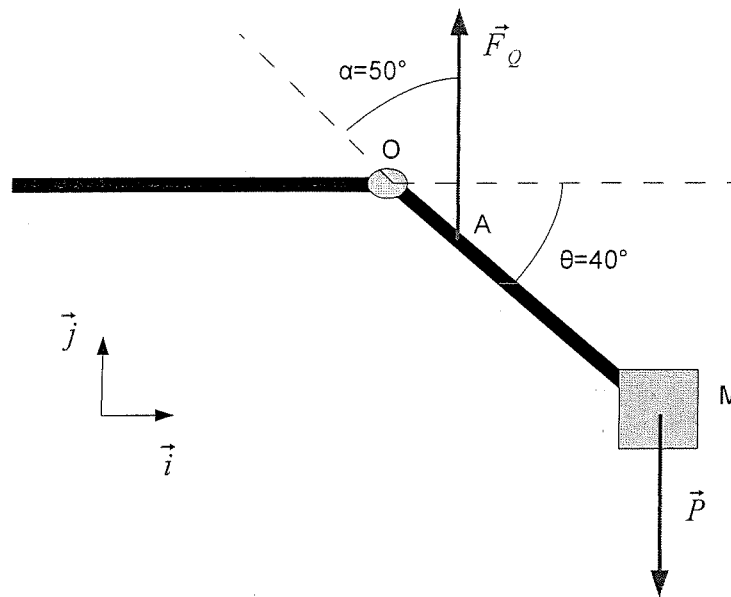


A partir des données du graphique ci-dessus, la vitesse maximale de raccourcissement du muscle, dont l'expression est  $V_{\max} = bP_0/a$ , est égale à :

- 146- 1,5 m/s
- 147- 0,5 m/s
- 148- 2 m/s
- 149- 2,5 m/s
- 150- aucune des réponses 146 à 149 n'est bonne

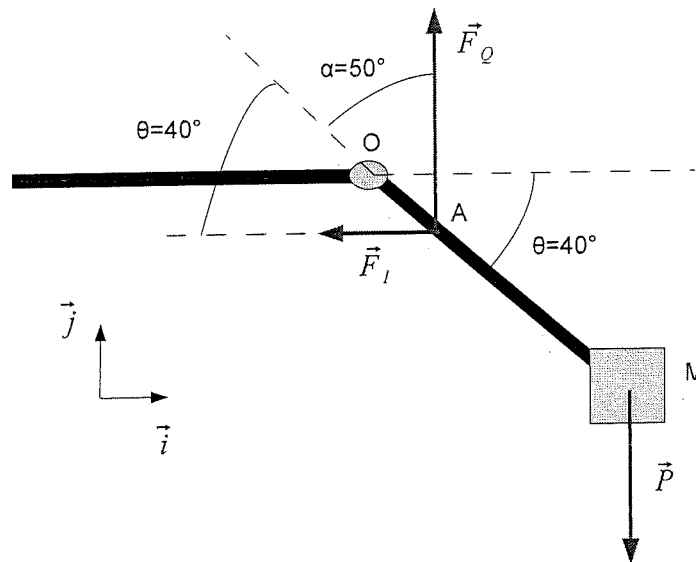
PARTIE EXERCICE – Répondre à cette partie du sujet dans la copie anonymée

1/ Un sujet tente de maintenir une contraction isométrique avec une masse  $M=20\text{ kg}$  au bout de sa jambe à un angle  $\theta=40^\circ$  (cf figure). Pour cela, ses quadriceps produisent une force  $\vec{F}_Q = 1000\text{ N}$ . On considère qu'ils sont insérés au point A, et que  $\vec{F}_Q$  est verticale.  $\vec{F}_Q$  forme donc un angle de  $\alpha=50^\circ$  par rapport à l'axe de la jambe (cf figure ci dessous). On donne  $OA=0.1\text{ m}$ ;  $OM=0.5\text{ m}$ ;  $g=10\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ;  $\cos(50)=0.64$ ;  $\sin(50)=0.77$ ;  $\tan(50)=1.19$ ;  $\cos(40)=0.77$ ;  $\sin(40)=0.64$ ;  $\tan(40)=0.84$ .



- Calculez le moment de la force  $\vec{F}_Q (M_{\vec{F}_Q/O})$  par rapport à O (centre de l'articulation du genou)
- Calculez le moment du poids  $\vec{P} (M_{\vec{P}/O})$  par rapport à O
- Que pouvez-vous conclure sur le régime de contraction réel pour les quadriceps ?

2/ Dans la partie précédente, la co-activation des ischio-jambier a été négligée. Cette co-activation est inévitable : lorsque les quadriceps produisent une extension de la jambe les ischio-jambiers sont légèrement activés et produisent ici une force  $\vec{F}_I = 100N$ . Cette co-activation permet de réguler le mouvement, mais elle limite également la performance des quadriceps. On considère que les ischio-jambiers sont insérés au même endroit que les quadriceps (en A) et que la force produite par les ischio-jambiers est horizontale.



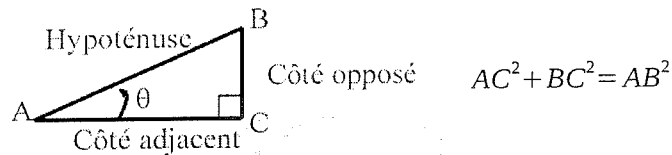
- Calculez le moment de la force  $\vec{F}_I$  par rapport à O ( $M_{\vec{F}_I/O}$ )
- Calculez la force  $\vec{F}_R = \vec{F}_I + \vec{F}_Q$
- Calculez le moment de la force  $\vec{F}_R$  par rapport à O ( $M_{\vec{F}_R/O}$ )
- Que pouvez-vous conclure sur le régime de contraction réel pour les quadriceps ?

# FORMULES DE BASE DE MATHÉMATIQUES

## Biomécanique du système neuromusculaire - Analyse posturale et mouvement (L2)

### 1- Géométrie en 2 dimensions

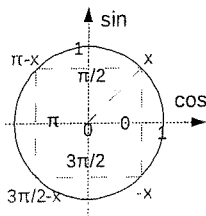
#### 1-1 Théorème de Pythagore (dans un triangle rectangle en C)



#### 1-2 Trigonométrie (dans un triangle rectangle en C)

$$\sin \theta = \frac{\text{côte opp}}{\text{hyp}} = \frac{BC}{AB} \quad \cos \theta = \frac{\text{côte adj}}{\text{hyp}} = \frac{AC}{AB} \quad \tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{\text{côte opp}}{\text{côte adj}} = \frac{BC}{AC}$$

Moyen mnémotechnique : SOHCAHTOA



$$-1 \leq \sin x \leq 1$$

$$-1 \leq \cos x \leq 1$$

$$\sin(-x) = -\sin x$$

$$\sin(\pi - x) = \sin x$$

$$\sin(\pi + x) = -\sin x$$

$$\cos(-x) = \cos x$$

$$\cos(\pi - x) = -\cos x$$

$$\cos(\pi + x) = -\cos x$$

#### 1-3 Vecteurs

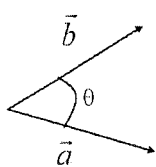
Soient deux points  $A \begin{pmatrix} x_A \\ y_A \end{pmatrix}$  et  $B \begin{pmatrix} x_B \\ y_B \end{pmatrix}$ , le vecteur  $\vec{AB}$  a pour coordonnées  $\vec{AB} \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix}$ .

Si  $\vec{AB} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ , on montre facilement avec le théorème de Pythagore que la norme du vecteur s'écrit :  $AB = \sqrt{x^2 + y^2}$

Somme de 2 vecteurs :  $\vec{AB} \begin{pmatrix} x_{AB} \\ y_{AB} \end{pmatrix} + \vec{BC} \begin{pmatrix} x_{BC} \\ y_{BC} \end{pmatrix} = \vec{AC} \begin{pmatrix} x_{AB} + x_{BC} \\ y_{AB} + y_{BC} \end{pmatrix}$

Multiplication par un scalaire :  $k \vec{AB} \begin{pmatrix} k x_{AB} \\ k y_{AB} \end{pmatrix}$

Soient deux vecteurs  $\vec{a} \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix}$  et  $\vec{b} \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \end{pmatrix}$  et  $\theta$  l'angle formé par ces deux vecteurs (ce qui s'écrit :  $\theta = (\vec{a}, \vec{b})$ ) :



Produit scalaire :  $\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \theta$

Produit vectoriel :  $\vec{a} \wedge \vec{b} = \begin{pmatrix} 0 \\ a_x b_y - a_y b_x \end{pmatrix}$  et  $|\vec{a} \wedge \vec{b}| = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin \theta$

Le résultat du produit vectoriel, est en toute rigueur, un vecteur. Mais en pratique, nous ne traiterons que des problèmes bidimensionnels, et nous pourrions considérer que le produit vectoriel est un scalaire (nombre). Nous disposons donc 2 méthodes pour le calculer :  $|\vec{a} \wedge \vec{b}| = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin(\vec{a}, \vec{b}) = a_x b_y - a_y b_x$

### 2- Fonction - dérivation - intégration

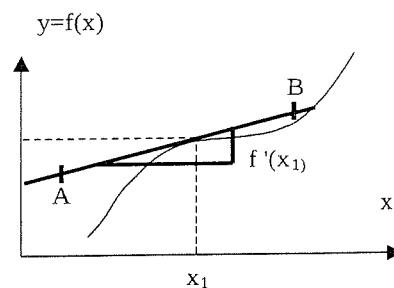
#### 2-1 Calcul de la pente d'une droite (coefficient directeur)

Soient deux points  $A \begin{pmatrix} x_A \\ y_A \end{pmatrix}$  et  $B \begin{pmatrix} x_B \\ y_B \end{pmatrix}$ , la pente de la droite passant par A et B est  $a = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$

## 2-2 Dérivation

Soit  $f'(x)$  la dérivée de  $f$  par rapport à  $x$  :  $f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x}$

On dit que  $f'(x_1)$  est la pente de la tangente à la courbe représentative de  $f$  en  $x_1$ , ou encore le nombre dérivé en  $x_1$



### 2-2 Dérivées de fonctions usuelles

$f(x)$	$f'(x)$	Opérations sur les dérivées
$k$	$0$	$(f+g)' = f' + g'$
$x$	$1$	$(kf)' = kf'$ , si $k$ est une constante
$x^2$	$2x$	$(fg)' = f'g + fg'$
$ax^n$	$anx^{n-1}$	$(\frac{f}{g})' = \frac{f'g - fg'}{g^2}$
$\frac{1}{x^n} = x^{-n}$	$\frac{-n}{x^{n+1}} = -nx^{-n-1}$	$(f \circ g)' = (g' \circ f) f'$
$\sqrt{x} = x^{1/2}$	$\frac{1}{2\sqrt{x}} = \frac{1}{2}x^{-1/2}$	$(e^f)' = e^f f'$
$\cos x$	$-\sin x$	
$\sin x$	$\cos x$	
$e^x$	$e^x$	

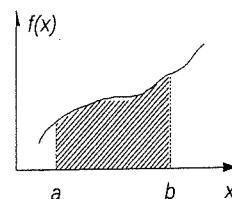
Exemple : si  $p(t), v(t), a(t)$  sont respectivement la position, la vitesse et l'accélération en fonction du temps, on a :

$$v(t) = p'(t) = \dot{p}(t) = \frac{dp(t)}{dt} \quad \text{et}$$

$$a(t) = v'(t) = \dot{v}(t) = \frac{dv(t)}{dt} = p''(t) = \dot{p}'(t) = \frac{d^2 p(t)}{dt^2}$$

## 2-3 Intégration

L'intégrale de  $f$  entre  $a$  et  $b$  se note :  $\int_a^b f(x) dx = [F(x)]_a^b = F(b) - F(a)$  où  $F(x)$  est la primitive de  $f(x)$ . L'intégrale de  $f$  entre  $a$  et  $b$  représente l'aire sous la courbe représentative de  $f$  en fonction de  $x$  (aire hachurée sur la figure à droite).



## 2-4 Primitives usuelles

$f(x)$	$F(x)$ , $k$ étant une constante à déterminer	$f(x)$	$F(x)$
$0$	$k$	$1$	$x+k$
$a$ , constante	$ax+k$	$x$	$\frac{x^2}{2}+k$
$x^n$	$\frac{1}{n+1}x^{n+1}+k$	$\frac{1}{x^2} = x^{-2}$	$-\frac{1}{x}+k$
$\frac{1}{x}$	$\ln x+k$	$\sin x$	$-\cos x+k$
$\cos x$	$\sin x+k$	$e^x$	$e^x+k$

Exemple : si  $p(t), v(t), a(t)$  sont respectivement la position, la vitesse et l'accélération en fonction du temps, on a :

$$p(t) = \int_0^t v(t) dt = V(t) - V(0) \quad \text{et}$$

$$v(t) = \int_0^t a(t) dt = A(t) - A(0), \quad \text{où } V(t) \text{ et } A(t) \text{ sont les primitives de la vitesse et de l'accélération}$$

**Université de Nantes**  
**UFR STAPS**

Année universitaire 2010/2011

1<sup>ère</sup> session, 1<sup>er</sup> semestre

Année d'études : **Licence 2<sup>ème</sup> année**  
Enseignants responsables : **T. DESCHAMPS, J. SAURY**

Durée de l'épreuve : **1h30**  
Documents autorisés : **aucun**

**UEF 32 : Connaissances scientifiques (1)**  
***EC 322 : Approche cognitive des apprentissages***

**Sujet :**

« Au travers de la notion d'*incertitude*, expliquez les relations entre le traitement de l'information, les caractéristiques de la tâche et prise de décision en sport ? »

**Université de Nantes**  
**UFR STAPS**

Année universitaire 2010/2011

1ere session

Année d'études : *Licence 2*  
Enseignant responsable : *C Cornu, A Nordez, S Dorel*

Durée de l'épreuve : *1h30*  
Documents autorisés : *aucun*

**UEF 33 – Connaissances scientifiques (1)**  
**EC 331 – Biomécanique du système neuromusculaire**

**CONSIGNES GENERALES**

**Partie QCM (barème 14/20)**: les réponses sont à reporter sur la grille réponse ci-jointe.

**Partie exercice (barème 6/20)** : les réponses sont à formalisées dans les cadre prévus à cet effet et intégré dans une copies anonymée

**Pour QCM**

ATTENTION : UTILISEZ UNE ENCRE NOIRE OU BLEUE.

COCHEZ LA OU LES PROPOSITIONS EXACTES SUR LA GRILLE REPONSE.

En cas d'erreur de votre part, effacez la totalité de la case avec du blanc correcteur et indiquez dans le cadre situé sous votre signature le numéro de la case altérée par erreur.

DANS LE CADRE RESERVE AU CODE REGLEMENTAIRE REPORTEZ VOTRE NUMERO DE TABLE.

Section : inscrivez **STAPS**.

VOUS N'OUBLIEREZ PAS D'INDIQUER VOS NOM, PRENOM SUR LA GRILLE REPONSE A L'EMPLACEMENT PREVU.

**IMPORTANT**

Ce sujet comporte 14 pages y compris celle-ci

Ce sujet comporte : **QCM** 150 items

**1** exercice

**L'UTILISATION DE LA CALCULATRICE N'EST PAS AUTORISEE**



Pour toutes les propositions suivantes, cochez la ou les affirmation(s) ou réponse(s) exacte(s)

- 1- la gradation de la force musculaire se fait généralement par sommation spatiale et sommation temporelle
- 2- la sommation spatiale s'explique par une augmentation de la quantité de calcium au niveau des protéines contractiles lors de la contraction
- 3- la sommation spatiale s'explique par une meilleure sollicitation des structures élastiques de transmission de la force
- 4- la sommation temporelle permet de retarder la fatigue musculaire en recrutant progressivement les unités motrices
- 5- le phénomène d'escalier résulte de l'amélioration de la cinétique calcique et d'une diminution de l'acide lactique produit pendant la contraction musculaire
  
- 6- au cours du maintien postural, les muscles ne sont pas sollicités en condition excentrique puisqu'il n'y a aucun mouvement
- 7- les muscles squelettiques peuvent servir de ligaments actifs afin d'augmenter la congruence des articulations
- 8- au cours de la contraction, les muscles produisent de la chaleur utilisée ce qui augmente leur rendement mécanique
- 9- la chaleur produite par les muscles au repos permet aux réactions chimiques de se dérouler dans l'organisme dans des conditions optimales
- 10- le muscle a un rendement mécanique relativement faible d'environ 50%
  
- 11- la contractilité d'un muscle correspond à sa faculté de répondre à un stimulus par une contraction adéquate
- 12- l'excitabilité d'un muscle correspond à sa capacité de percevoir le stimulus et d'y répondre
- 13- l'extensibilité d'un muscle correspond à sa capacité à être déformé
- 14- l'élasticité correspond à la capacité des fibres musculaires à reprendre leur longueur de repos lorsqu'on les relâche
- 15- la compliance d'un muscle correspond à sa capacité à s'étirer lorsqu'il est soumis à une contrainte
  
- 16- au repos, le calcium libéré par le réticulum sarcoplasmique lève l'inhibition du site de fixation de la myosine sur l'actine
- 17- l'hydrolyse du calcium entraîne le pivotement de la tête de myosine fixée à l'actine au cours de la contraction
- 18- l'ATP est responsable de la relaxation de la tête de myosine
- 19- toutes les têtes de myosine ne sont pas actives à chaque instant au cours de la contraction
- 20- la diminution de la concentration de calcium au niveau des myofibrilles entraîne la relaxation du muscle

Considérons une courbe contrainte-déformation d'un matériau, celle-ci :

- 21- présente un domaine élastique non linéaire puis linéaire
- 22- présente un domaine visqueux à partir duquel on observe une déformation résiduelle du matériau
- 23- permet systématiquement de calculer un module d'élasticité caractéristique du matériau indépendant du niveau de contrainte
- 24- peut permettre de déterminer une contrainte limite à la rupture
- 25- ne permet pas de déterminer une déformation limite élastique

Le muscle squelettique a été modélisé par Hill (1938) qui propose un système mécanique composé :

- 26- d'une composante contractile et d'une composante élastique uniquement
- 27- d'une composante élastique constituée d'une fraction active (ponts acto-myosine) et d'une fraction passive (tissu conjonctif et sarcolemme)
- 28- d'une composante élastique parallèle localisée au niveau des tendons
- 29- d'une composante élastique série chargée de la transmission de la force produite par le muscle en condition passive
- 30- d'une composante élastique parallèle impliquée, à partir d'une certaine longueur, dans la transmission de la force générée par la composante contractile

Les propriétés biomécaniques des tendons et des ligaments évoluent avec l'âge,

- 31- car leur section transversale augmente jusqu'à la puberté puis plus progressivement ensuite
- 32- car le nombre de cellules par unité de volume de tissu tendineux et ligamentaire augmente jusqu'à 25 ans environ puis diminue progressivement
- 33- car la quantité de collagène dans ces tissus augmente fortement après 30 ans
- 34- car la quantité d'eau dans ces tissus diminue après 30 ans
- 35- provoquant préférentiellement des ruptures de l'insertion puisque la résistance du ligament augmente moins au cours de la croissance que celle de la jonction os-ligament

La relation force-longueur isométrique du muscle isolé présente un tracé complexe à partir duquel on peut montrer :

- 36- que pour de faible longueur de muscle, la force produite est élevée parce que la stimulation est maximale
- 37- que la force développée par le muscle ne dépend pas uniquement de la stimulation
- 38- qu'il faut, à partir d'une certaine longueur de muscle, tenir compte de la relation force-vitesse de la composante élastique parallèle
- 39- que la relation force-longueur de la composante contractile a une allure hyperbolique
- 40- que la quantité de tissu conjonctif du muscle influence le comportement de la relation force-longueur globale

Le comportement de la composante élastique parallèle :

- 41- caractérise le système musculo-tendineux à l'état passif
- 42- présente un caractère visco-élastique
- 43- montre un phénomène d'hystérésis caractéristique d'une structure visco-élastique et influencé par le traitement mécanique antérieur de la structure
- 44- décrit une relation tension-longueur de nature parabolique
- 45- doit être pris en compte à partir d'une certaine longueur d'étirement du muscle

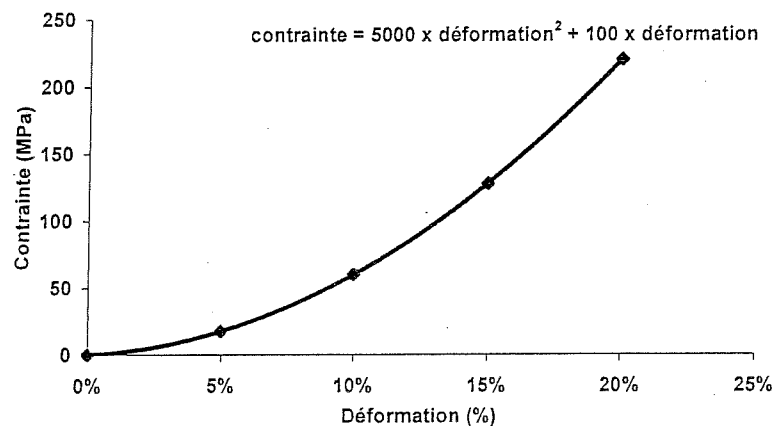
Concernant, les propriétés biomécaniques des tendons ou ligaments,

- 46- les charges physiologiques lors d'activités normales ne dépassent généralement pas 50% de la contrainte maximale (à la rupture)
- 47- l'activité augmente les contraintes appliquées aux tendons et ligaments et, malgré leurs propriétés visco-élastiques, augmente leurs déformations
- 48- l'augmentation de la vitesse de sollicitation de ces structures diminue leur raideur
- 49- l'augmentation de la vitesse de sollicitation de ces structures augmente leur viscosité
- 50- lorsque la vitesse de sollicitation de ces structures diminue, on observe la relaxation du tissu c'est à dire que pour un niveau de contrainte donné, leur déformation augmente

Considérons les modalités de contraction musculaire. Selon vous :

- 51- le muscle est un générateur de viscosité qui travaille en raccourcissement
- 52- une contraction excentrique peut être réalisée en condition isocinétique
- 53- un muscle qui s'allonge alors qu'il est stimulé travaille en isotonique
- 54- une contraction en condition dynamique caractérise une contraction isotonique
- 55- les gestes de la vie courante (ex : marche, montée et descente d'escalier ...) mettent en jeu les deux types de contractions excentriques et concentriques.

On caractérise la relation contrainte déformation d'un tendon :



La raideur tangente du tendon étudié sur la figure ci-dessus est :

- 56- de 0 MPa à 0% de déformation
- 57- de 100 MPa à 0% de déformation
- 58- de 5000 MPa à 0% de déformation
- 59- de 5100 MPa à 20% de déformation
- 60- de 2100 MPa à 20% de déformation

La relation force-vitesse concentrique du muscle isolé est telle que :

- 61- la vitesse de raccourcissement du muscle diminue lorsque la force augmente
- 62- la vitesse maximale d'étirement du muscle est obtenue pour une charge nulle
- 63- on observe une perte de force avec l'augmentation de vitesse permettant de caractériser une « viscosité analogue » du muscle
- 64- on observe une perte de force avec l'augmentation de vitesse liée à une mobilisation moins rapide de l'énergie mécanique du muscle
- 65- pour une vitesse donnée, la force produite est inférieure à celle produite en condition excentrique

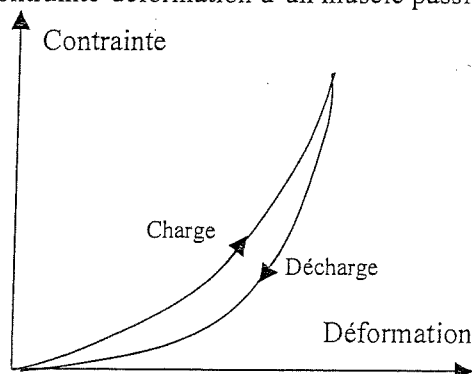
Le comportement viscoélastique implique :

- 66- une relation non linéaire entre la contrainte et la déformation
- 67- une dissipation d'énergie lors d'un cycle d'étirement / relâchement
- 68- une dépendance à la température et à la vitesse de la sollicitation
- 69- un retour à l'état initial incomplet après relâchement de la contrainte
- 70- une indépendance vis à vis des sollicitations mécaniques antérieures du matériau

D'un point de vue biomécanique,

- 71- l'os, lorsqu'il est soumis à une contrainte de flexion, résiste moins bien à la traction qu'à la compression
- 72- le système ligamentaire joue un rôle important de précontrainte pour lutter contre les effets de la torsion
- 73- le système dynamique actif joué par les tendons agit en développant une force sur la convexité de la pièce osseuse afin de déplacer l'axe neutre des contraintes vers cette convexité
- 74- en plus des muscles, les membranes interosseuses viscoélastiques peuvent jouer un rôle dans la limitation des contraintes appliquées à une pièce osseuse
- 75- les tubérosités osseuses permettent d'augmenter le travail des muscles et donc de diminuer les précontraintes appliquées sur l'os

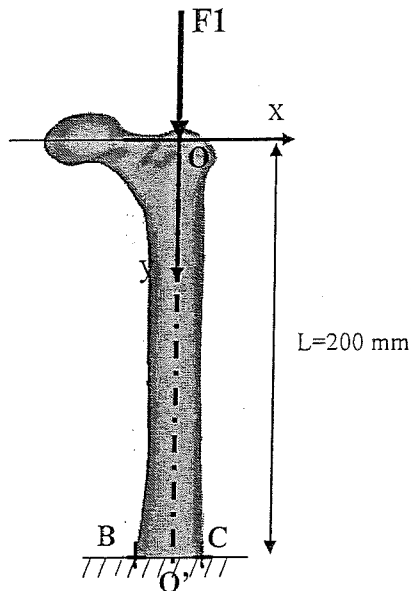
On caractérise la relation contrainte-déformation d'un muscle passif (figure ci-dessous):



Pour ce muscle, le comportement mis en évidence est

- 76- élastique pur
- 77- linéaire
- 78- viscoélastique
- 79- plastique
- 80- viscoplastique

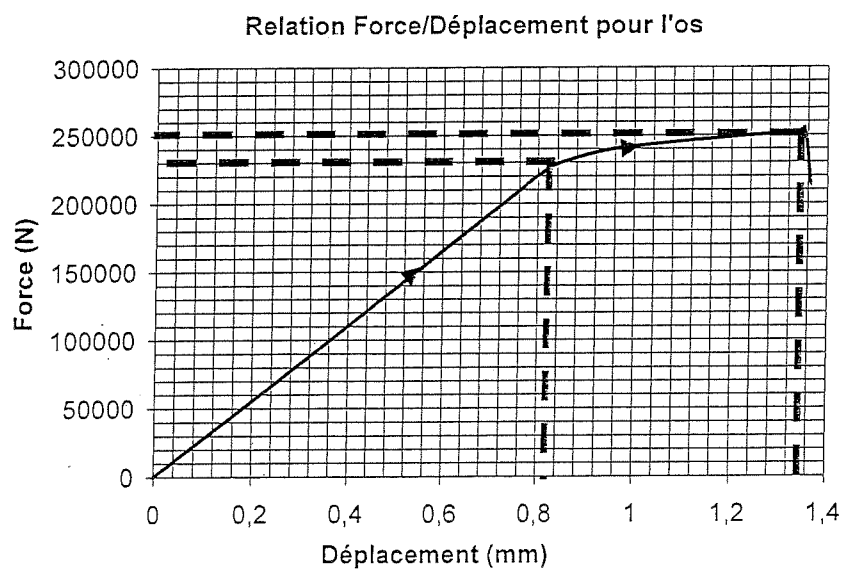
On applique une force  $F_1 = 500 \text{ N}$  à un os (figure ci-dessous)



Si on considère que la surface de section de l'os est constante et égale à  $0.001 \text{ m}^2$ . La contrainte maximale dans l'os induite par  $F_1$  est de

- 81- 500000 MPa
- 82- 500000 Pa
- 83- 0,5 GPa
- 84- 0,5 Mpa
- 85- 0,05MPa

Sur le même os que précédemment, on obtient la relation entre la force ( $F_1$ ) appliquée et le déplacement de l'extrémité de  $O$  de l'os



Le comportement mécanique de l'os mis en évidence ci-dessus est

- 86- élastique linéaire dans une première phase
- 87- plastique dans une seconde phase
- 88- globalement elastoplastique
- 89- globalement viscoélastique
- 90- élastique non linéaire

La contrainte limite élastique pour cet os est d'environ

- 91- 230000 Pa
- 92- 23000000 Pa
- 93- 230000 MPa
- 94- 115 Mpa
- 95- 0,230 GPa

Le tissu osseux

- 96- est constitué d'une matrice osseuse et des cellules osseuses exclusivement
- 97- présente des sels de calcium notamment sous forme de cristaux d'hydroxy-apatite
- 98- présente des ostéoblastes responsables de la fabrication de substance osseuse
- 99- présente des ostéoplastes responsables de la résorption osseuse
- 100- présente des ostéoclastes responsables de l'apposition de matière osseuse

La tension maximale isométrique développée par le muscle (secousse isométrique) est une des caractéristiques du générateur de force. Selon vous, la secousse :

- 101- est obtenue par stimulation maximale téτανique du muscle
- 102- permet de déterminer le temps de contraction et le temps de  $\frac{1}{2}$  relaxation du muscle considéré
- 103- est identique lorsque l'on considère un même muscle quelles que soient les conditions de température et de fatigue
- 104- fusionne (sommation) lorsque la fréquence de la stimulation augmente pour donner un plateau téτανique plus ou moins parfait
- 105- a une amplitude maximale qui dépend du type de fibres musculaires constituant le muscle

L'élasticité série du muscle est étudiée grâce à la méthode du quick-release (détente rapide). Cette technique :

- 106- suppose de placer le muscle à une longueur telle que la composante élastique parallèle puisse être déterminée puis soustraite de la relation globale par la suite
- 107- nécessite une libération brutale du muscle préalablement stimulé en condition isométrique
- 108- induit dans un premier temps (isométrique) une contraction de la composante contractile et donc un allongement de la composante élastique parallèle
- 109- induit dans un second temps (relâchement brutal) une détente imputable à la composante élastique série qui restitue l'énergie stockée préalablement
- 110- permet de calculer une raideur de la composante élastique série qui diminue linéairement avec la force

Le tissu osseux subit un remaniement

- 111- journalier d'environ 15 à 17% de sa masse
- 112- mettant en jeu des unités de remaniement constituées d'ostéoblastes et d'ostéoclastes
- 113- tel que la résorption osseuse est inférieure à l'apposition osseuse
- 114- tel que la résorption de matière osseuse se déroule là où le calcium est le plus stocké
- 115- sous double contrôle nerveux et mécanique

S'agissant de l'immobilisation des ligaments,

- 116- elle induit une augmentation de la contrainte à la rupture
- 117- elle induit une diminution de l'élasticité des ligaments
- 118- elle induit une diminution de l'énergie élastique stockée jusqu'à la rupture
- 119- un protocole de rééducation permet de récupérer le niveau d'énergie stockée jusqu'à la rupture aussi rapidement que le niveau de raideur par rapport aux valeurs initiales
- 120- une rééducation bien menée peut permettre de récupérer 100% de la raideur ligamentaire par rapport aux valeurs initiales

Concernant le contrôle du remaniement osseux,

- 121- la parathormone stimule la résorption osseuse en activant les ostéoblastes
- 122- la calcitonine stimule l'apposition de substance osseuse en activant les ostéoblastes
- 123- les sollicitations mécaniques contrôlent l'activation de la calcitonine et de la parathormone
- 124- les sollicitations mécaniques produisent un courant électrique qui déforme légèrement l'os
- 125- les sollicitations mécaniques déterminent l'endroit où le remaniement osseux doit avoir lieu

Globalement, compte tenu de leurs localisations et de leurs propriétés biomécaniques,

- 126- les tendons ont un rôle de transmission de la tension musculaire
- 127- les ligaments permettent également de transmettre la force musculaire à l'os
- 128- les tendons permettent de renforcer la congruence articulaire
- 129- les ligaments servent de guide mouvement au niveau de l'articulation
- 130- les tendons, grâce aux fuseaux neuro-musculaires, renseignent le système nerveux sur la position des membres dans l'espace

Une fracture osseuse peut avoir lieu :

- 131- quand sa contrainte limite élastique est atteinte
- 132- pour des contraintes inférieures au niveau de contrainte à la rupture théorique si l'os a subi des sollicitations mécaniques antérieures
- 133- pour des niveaux de contraintes inférieures à la contrainte à la rupture théorique si les sollicitations sont répétées
- 134- si l'os fatigue, c'est à dire s'il répond moins bien à une stimulation hormonale
- 135- si les muscles qui s'insèrent sur la pièce osseuse fatiguent et donc absorbent moins les contraintes qui s'y appliquent

Généralement, concernant leurs compositions,

- 136- les tendons et les ligaments diffèrent essentiellement par le pourcentage de collagène de type 1, plus élevé dans les tendons
- 137- les tendons et les ligaments diffèrent par leur quantité d'élastoblastes responsables de la synthèse de collagène
- 138- les tendons et ligaments présentent une matrice intra-cellulaire constituée d'eau et de protéines, leur conférant leurs propriétés visco-élastiques
- 139- les principales protéines des tendons et des ligaments sont le collagène, les protéoglycannes et l'élastine
- 140- la structure hélicoïdale du collagène (double hélice de tropocollagène) confère aux tendons et ligaments une résistance à la flexion

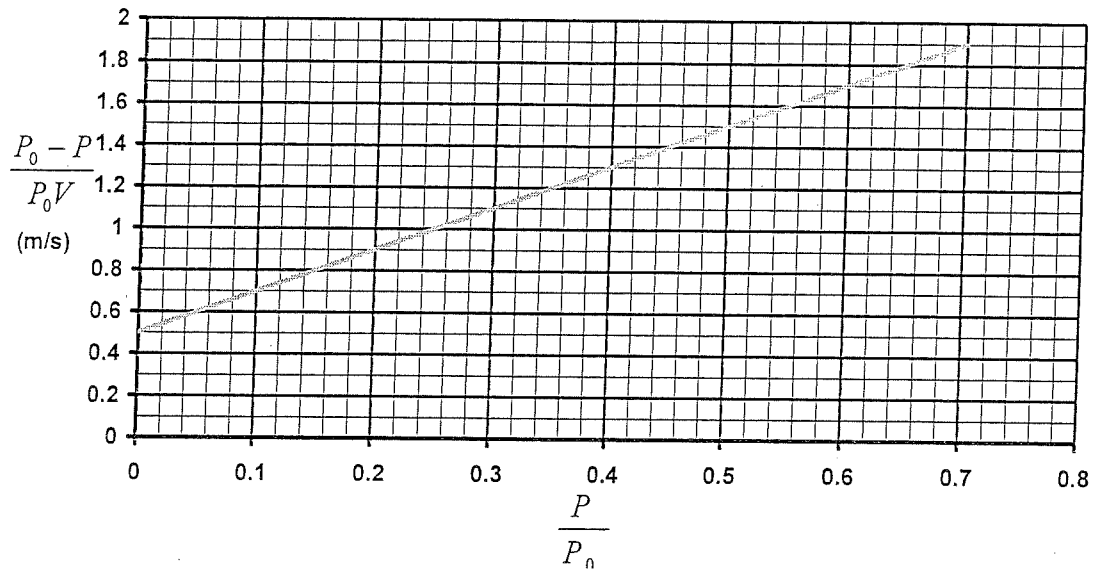
La relation contrainte-déformation d'un tendon ou d'un ligament

- 141- présente une phase initiale correspondant à la réorganisation des fibres d'élastine
- 142- présente une deuxième phase élastique linéaire permettant de caractériser une raideur du tissu considéré
- 143- présente ensuite une troisième zone dite plastique au niveau de laquelle se produisent des microlésions
- 144- montre enfin une contrainte à la rupture induisant une lésion totale du tissu considéré pour des valeurs moyennes de déformation de 50 à 70%
- 145- montre que l'élasticité du tissu diminue lorsque la contrainte appliquée augmente



La linéarisation de l'équation de Hill décrivant la relation force-vitesse aboutit à la relation suivante :  $\frac{P_0 - P}{P_0 V} = \frac{a}{bP_0} + \frac{P}{bP_0}$ , avec a et b les constantes de force et de vitesse de l'équation de

Hill,  $P_0$  force maximale isométrique, P force développée à la vitesse V. Si l'on trace cette relation, on obtient la courbe suivante :



A partir des données du graphique ci-dessus, la vitesse maximale de raccourcissement du muscle, dont l'expression est  $V_{\max} = bP_0/a$ , est égale à :

146- 1,5 m/s

147- 0,5 m/s

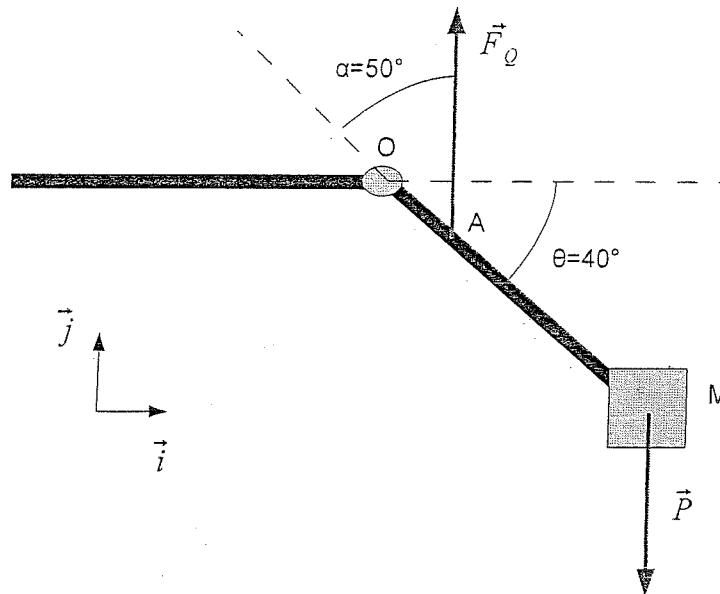
148- 2 m/s

149- 2,5 m/s

150- aucune des réponses 146 à 149 n'est bonne

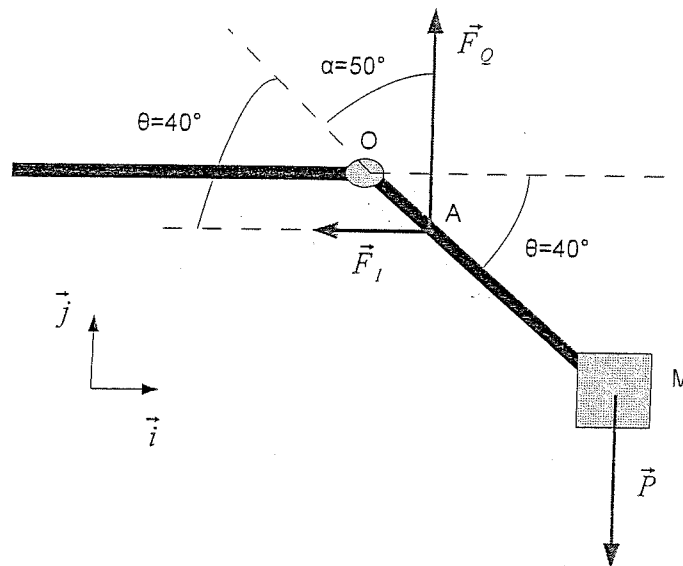
PARTIE EXERCICE – Répondre à cette partie du sujet dans la copie anonymée

1/ Un sujet tente de maintenir une contraction isométrique avec une masse  $M=20\text{ kg}$  au bout de sa jambe à un angle  $\theta=40^\circ$  (cf figure). Pour cela, ses quadriceps produisent une force  $\vec{F}_Q = 1000\text{ N}$ . On considère qu'ils sont insérés au point A, et que  $\vec{F}_Q$  est verticale.  $\vec{F}_Q$  forme donc un angle de  $\alpha=50^\circ$  par rapport à l'axe de la jambe (cf figure ci dessous). On donne  $OA=0.1\text{ m}$ ;  $OM=0.5\text{ m}$ ;  $g=10\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ ;  $\cos(50)=0.64$ ;  $\sin(50)=0.77$ ;  $\tan(50)=1.19$ ;  $\cos(40)=0.77$ ;  $\sin(40)=0.64$ ;  $\tan(40)=0.84$ .



- Calculez le moment de la force  $\vec{F}_Q$  ( $M_{\vec{F}_Q/O}$ ) par rapport à O (centre de l'articulation du genou)
- Calculez le moment du poids  $\vec{P}$  ( $M_{\vec{P}/O}$ ) par rapport à O
- Que pouvez-vous conclure sur le régime de contraction réel pour les quadriceps ?

2/ Dans la partie précédente, la co-activation des ischio-jambier a été négligée. Cette co-activation est inévitable : lorsque les quadriceps produisent une extension de la jambe les ischio-jambiers sont légèrement activés et produisent ici une force  $\vec{F}_I = 100N$ . Cette co-activation permet de réguler le mouvement, mais elle limite également la performance des quadriceps. On considère que les ischio-jambiers sont insérés au même endroit que les quadriceps (en A) et que la force produite par les ischio-jambiers est horizontale.



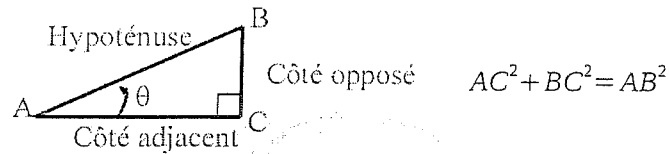
- Calculez le moment de la force  $\vec{F}_I$  par rapport à O ( $M_{\vec{F}_I/O}$ )
- Calculez la force  $\vec{F}_R = \vec{F}_I + \vec{F}_Q$
- Calculez le moment de la force  $\vec{F}_R$  par rapport à O ( $M_{\vec{F}_R/O}$ )
- Que pouvez-vous conclure sur le régime de contraction réel pour les quadriceps ?

# FORMULES DE BASE DE MATHÉMATIQUES

## Biomécanique du système neuromusculaire - Analyse posturale et mouvement (L2)

### 1- Géométrie en 2 dimensions

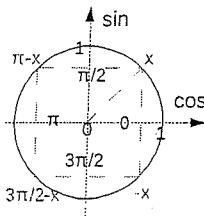
#### 1-1 Théorème de Pythagore (dans un triangle rectangle en C)



#### 1-2 Trigonométrie (dans un triangle rectangle en C)

$$\sin \theta = \frac{\text{côte opp}}{\text{hyp}} = \frac{BC}{AB} \quad \cos \theta = \frac{\text{côte adj}}{\text{hyp}} = \frac{AC}{AB} \quad \tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{\text{côte opp}}{\text{côte adj}} = \frac{BC}{AC}$$

Moyen mnémotechnique : SOHCAHTOA



$$-1 \leq \sin x \leq 1$$

$$-1 \leq \cos x \leq 1$$

$$\sin(-x) = -\sin x$$

$$\sin(\pi - x) = \sin x$$

$$\sin(\pi + x) = -\sin x$$

$$\cos(-x) = \cos x$$

$$\cos(\pi - x) = -\cos x$$

$$\cos(\pi + x) = -\cos x$$

#### 1-3 Vecteurs

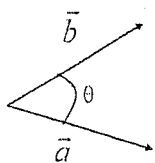
Soient deux points  $A \begin{pmatrix} x_A \\ y_A \end{pmatrix}$  et  $B \begin{pmatrix} x_B \\ y_B \end{pmatrix}$ , le vecteur  $\vec{AB}$  a pour coordonnées  $\vec{AB} \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix}$ .

Si  $\vec{AB} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ , on montre facilement avec le théorème de Pythagore que la norme du vecteur s'écrit :  $|\vec{AB}| = \sqrt{x^2 + y^2}$

Somme de 2 vecteurs :  $\vec{AB} \begin{pmatrix} x_{AB} \\ y_{AB} \end{pmatrix} + \vec{BC} \begin{pmatrix} x_{BC} \\ y_{BC} \end{pmatrix} = \vec{AC} \begin{pmatrix} x_{AB} + x_{BC} \\ y_{AB} + y_{BC} \end{pmatrix}$

Multiplication par un scalaire :  $k \vec{AB} \begin{pmatrix} k x_{AB} \\ k y_{AB} \end{pmatrix}$

Soient deux vecteurs  $\vec{a} \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix}$  et  $\vec{b} \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \end{pmatrix}$  et  $\theta$  l'angle formé par ces deux vecteurs (ce qui s'écrit :  $\theta = (\widehat{\vec{a}, \vec{b}})$ ):



Produit scalaire :  $\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \theta$

Produit vectoriel :  $\vec{a} \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix}$  et  $\vec{b} \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \end{pmatrix}$  :  $\vec{a} \wedge \vec{b} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ a_x b_y - a_y b_x \end{pmatrix}$  et  $|\vec{a} \wedge \vec{b}| = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin \theta$

Le résultat du produit vectoriel, est en toute rigueur, un vecteur. Mais en pratique, nous ne traiterons que des problèmes bidimensionnels, et nous pourrions considérer que le produit vectoriel est un scalaire (nombre). Nous disposons donc 2 méthodes pour le calculer :  $|\vec{a} \wedge \vec{b}| = |\vec{a}| |\vec{b}| \sin(\widehat{\vec{a}, \vec{b}}) = a_x b_y - a_y b_x$

### 2- Fonction - dérivation - intégration

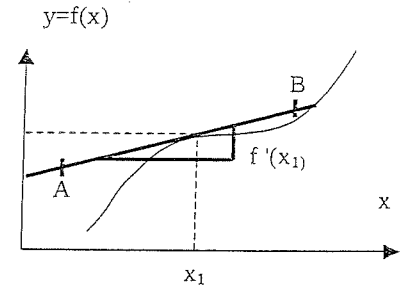
#### 2-1 Calcul de la pente d'une droite (coefficient directeur)

Soient deux points  $A \begin{pmatrix} x_A \\ y_A \end{pmatrix}$  et  $B \begin{pmatrix} x_B \\ y_B \end{pmatrix}$ , la pente de la droite passant par A et B est  $a = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$

## 2-2 Dérivation

Soit  $f'(x)$  la dérivée de  $f$  par rapport à  $x$  :  $f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x+\Delta x) - f(x)}{\Delta x}$

On dit que  $f'(x_1)$  est la pente de la tangente à la courbe représentative de  $f$  en  $x_1$ , ou encore le nombre dérivé en  $x_1$



### 2-2 Dérivées de fonctions usuelles

$f(x)$	$f'(x)$	Opérations sur les dérivées
$k$	$0$	$(f+g)' = f' + g'$
$x$	$1$	$(kf)' = kf'$ , si $k$ est une constante
$x^2$	$2x$	$(fg)' = f'g + fg'$
$ax^n$	$anx^{n-1}$	$\left(\frac{f}{g}\right)' = \frac{f'g - fg'}{g^2}$
$\frac{1}{x^n} = x^{-n}$	$\frac{-n}{x^{n+1}} = -nx^{-n-1}$	$(f \circ g)' = (g' \circ f)f'$
$\sqrt{x} = x^{1/2}$	$\frac{1}{2\sqrt{x}} = \frac{1}{2}x^{-1/2}$	$(e^f)' = e^f f'$
$\cos x$	$-\sin x$	
$\sin x$	$\cos x$	
$e^x$	$e^x$	

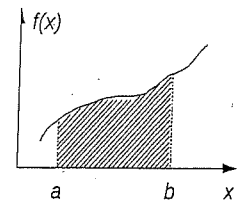
Exemple : si  $p(t), v(t), a(t)$  sont respectivement la position, la vitesse et l'accélération en fonction du temps, on a :

$$v(t) = p'(t) = \dot{p}(t) = \frac{dp(t)}{dt} \quad \text{et}$$

$$a(t) = v'(t) = \dot{v}(t) = \frac{dv(t)}{dt} = p''(t) = \dot{p}'(t) = \frac{d^2 p(t)}{dt^2}$$

## 2-3 Intégration

L'intégrale de  $f$  entre  $a$  et  $b$  se note :  $\int_a^b f(x) dx = [F(x)]_a^b = F(b) - F(a)$  où  $F(x)$  est la primitive de  $f(x)$ . L'intégrale de  $f$  entre  $a$  et  $b$  représente l'aire sous la courbe représentative de  $f$  en fonction de  $x$  (aire hachurée sur la figure à droite).



## 2-4 Primitives usuelles

$f(x)$	$F(x)$ , $k$ étant une constante à déterminer	$f(x)$	$F(x)$
$0$	$k$	$1$	$x+k$
$a$ , constante	$ax+k$	$x$	$\frac{x^2}{2} + k$
$x^n$	$\frac{1}{n+1} x^{n+1} + k$	$\frac{1}{x^2} = x^{-2}$	$-\frac{1}{x} + k$
$\frac{1}{x}$	$\ln x + k$	$\sin x$	$-\cos x + k$
$\cos x$	$\sin x + k$	$e^x$	$e^x + k$

Exemple : si  $p(t), v(t), a(t)$  sont respectivement la position, la vitesse et l'accélération en fonction du temps,

on a :  $p(t) = \int_0^t v(t) dt = V(t) - V(0)$  et

$$v(t) = \int_0^t a(t) dt = A(t) - A(0), \text{ où } V(t) \text{ et } A(t) \text{ sont les}$$

primitives de la vitesse et de l'accélération

**Université de Nantes**  
**UFR STAPS**

Année universitaire 2010/2011

1<sup>ère</sup> session, 1er semestre

Année d'études : L2

Enseignant responsable : J. Frère, K. Bouillard, C. Cornu

Durée de l'épreuve : 1h30

Documents autorisés : *aucun*

**UEF 33 Connaissances scientifiques (2)**  
**EC 331 Adaptations physiologiques à l'exercice (1)**

*Vous traiterez la partie CM et TD sur deux copies séparées.*

**Questions (CM) /10 :**

- 1) Le débit ventilatoire (VE) est le produit de deux variables physiologiques, lesquelles ? Au cours d'un exercice triangulaire jusqu'à intensité maximale, expliquez l'évolution du débit ventilatoire, chez un sédentaire et chez un sportif de haut niveau. (3 points)
- 2) Après avoir défini la loi de Fick, expliquez les conséquences d'une Broncho-pneumopathie chronique obstructive sévère sur la diffusion alvéolo-capillaire. (2 points)
- 3) Qu'est-ce que VES et comment évolue-t-il lors d'un exercice triangulaire jusqu'à intensité maximale ? (2 points)
- 4) Quelle variable physiologique associe-t-on à la vitesse maximale aérobie ? Quel est l'intérêt de mesurer cette variable physiologique pour un coureur de 5000m ? (3 points)

**Exercices (TD) /10 :**

**Exercice 1.**

(4 points)

Dans le cadre d'une future sélection au marathon des Jeux Olympiques de Londres, Bali et Balo effectuent un test d'effort de type triangulaire jusqu'à  $VO_{2max}$ . Les résultats montrent que Bali et Balo ont une  $VO_{2max}$  identique.

- Tracez l'évolution de la fréquence cardiaque, du débit ventilatoire, du volume d'éjection systolique et de la  $VO_2$  en fonction de l'intensité de l'exercice (de 0 à 100%) pour Bali.

Suite à ce test, on détermine que Bali a un seuil des lactiques à 75% de  $VO_{2max}$ , alors que Balo a un seuil à 85% de  $VO_{2max}$ .

- Lequel de Bali ou Balo a potentiellement plus de chance d'être sélectionné (à partir de la meilleure performance établie lors d'un « marathon sélection ») ? Justifiez.

**Exercice 2.**

(3 points)

Deux hommes (A et B) réalisent une épreuve triangulaire sur tapis roulant (début à 8 km/h, puis palier de 3 min avec incrémentation de 2 km/h pour chaque palier ; une minute de récupération

entre deux paliers). Un des deux sujets est un triathlète de haut niveau alors que le deuxième est sédentaire.

Voici les caractéristiques anthropométriques et physiologiques des deux sujets :

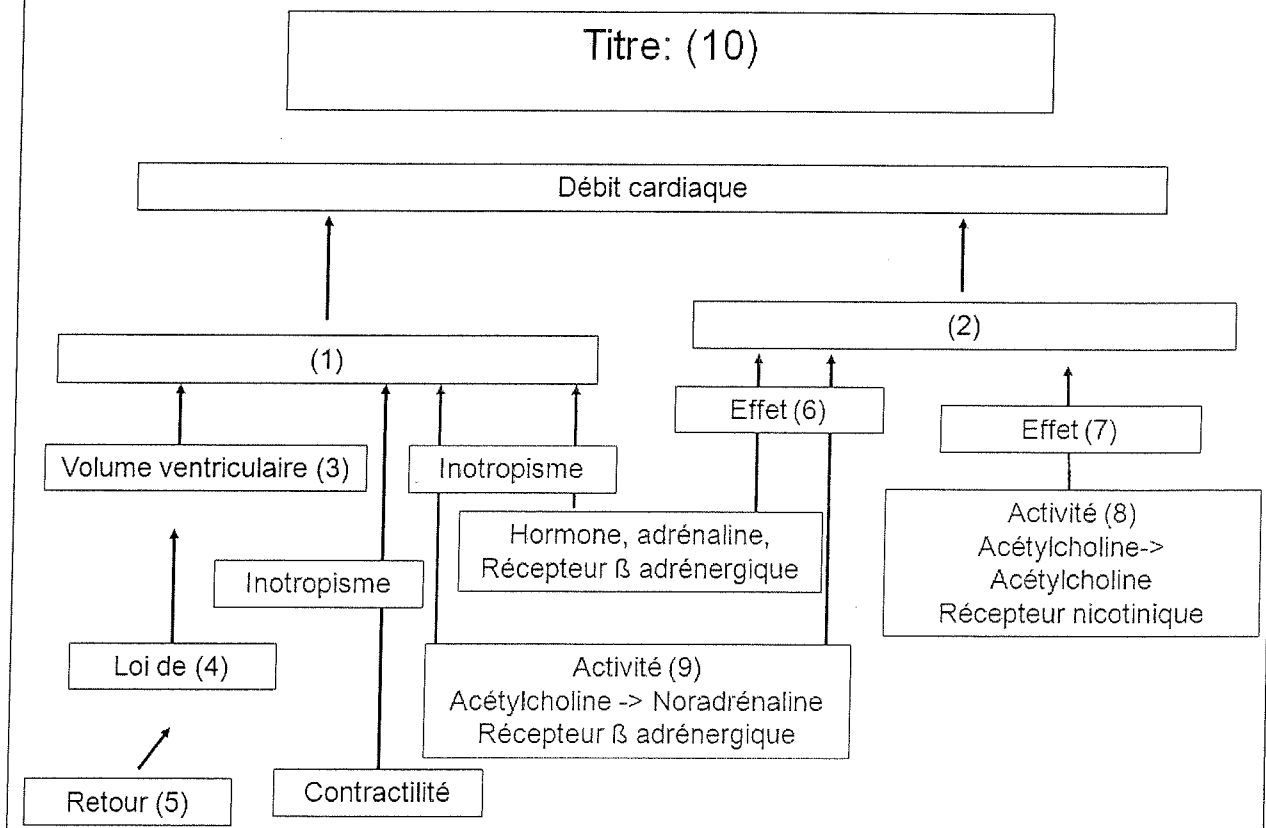
	Sujet A	Sujet B
Age (années)	30	29
Masse (kg)	68	64
Taille (cm)	169	172
VO <sub>2</sub> max (L/min)	4,0	[1]
VO <sub>2</sub> max (mL/min/kg)	[2]	82,8
VEmax (L/min)	160	220
FC maximale théorique (bpm)	[3]	[4]
FC de repos (bpm)	78	45
Qc de repos (L/min)	[5]	5,2
VES (mL)	70	[6]

- a) Complétez le tableau ci-dessus (*reportez les chiffres entre crochets sur votre copie*).  
 b) Lequel des deux sujets est le triathlète de haut niveau ? Pourquoi ?

### Exercice 3

(3 points)

Complétez et titrez la figure ci-dessous (*reportez les chiffres entre parenthèses sur votre copie*)



**Université de Nantes**  
**UFR STAPS**

Année universitaire 2010/2011

1<sup>ère</sup> session, 1er semestre

Année d'études : Licence 2<sup>ème</sup> année  
Enseignant responsable : *Philippe Macquet, Julien Salliot, Peggy Cherrer*

Durée de l'épreuve : 1h 30  
Documents autorisés : *aucun*

**UE 33 Connaissances scientifiques (2)**  
**EC 332 Histoire de l'encadrement de la jeunesse**

**Sujet :**

Question 1 ( 8 points)

Quels éléments historiques justifient la mise en place, dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle, d'un sport catholique et d'un sport ouvrier ?

Question 2 (12 points):

La création en France des mouvements de jeunesse, s'inscrit-elle dans un esprit humaniste de formation ou dans un esprit de récupération de la jeunesse ? Justifiez votre réponse en prenant des exemples précis.