Université de Nantes
UFR STAPS

Année universitaire 2013/2014

1er session, 1eme semestre

Année d'études : L2 – Dispensés d'Assiduité Enseignant responsable : C Cornu, A Nordez, H Hauraix, Julien Lardy, Sylvain Crémoux	Durée de l'épreuve : 1h30 Documents autorisés : aucun, calculatrice interdite

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

CONSIGNES GENERALES

Partie QCM (barème 10/20): les réponses sont à reporter sur la grille réponse ci-jointe.
Partie exercice (barème 10/20) : les exercices sont à traiter sur la copie anonymée

Pour la partie 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 12 pages y compris celle-ci
Ce sujet comporte **: la partie QCM** 100 items, la partie exercice (2), le formulaire

L'utilisation de la calculatrice n'est PAS autorisée

BAREME QCM réponse JUSTE = + 2 points
réponse FAUSSE = - 1 point

PARTIE QCM (page 2 à 9) – Grille réponse à remettre dans la copie anonymée

Pour tous les items suivants, cochez la ou les affirmation(s) exacte(s) :

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

1- présente un domaine élastique linéaire puis non linéaire

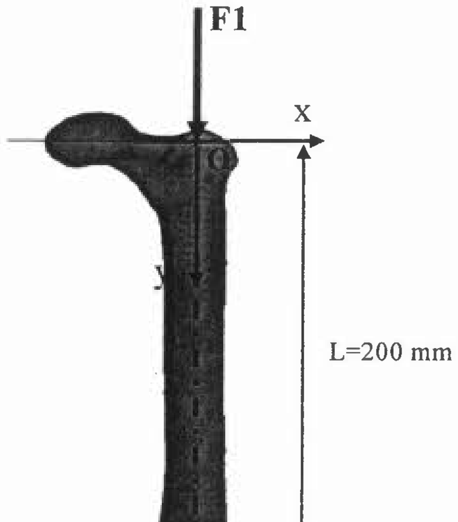
2- présente un domaine plastique à partir duquel on observe une déformation résiduelle du matériau

3- permet systématiquement de calculer un module d'élasticité caractéristique du matériau dépendant du niveau de contrainte

4- peut permettre de déterminer une contrainte limite d'élasticité

5- peut permettre de déterminer une déformation limite élastique

On applique une force F1 = 400 N à un os (figure ci-dessous)



Si on considère que la surface de section de l'os est constante et égale à $0.002m^2$. La contrainte maximale dans l'os induite par F1 est de

6- 200000 MPa

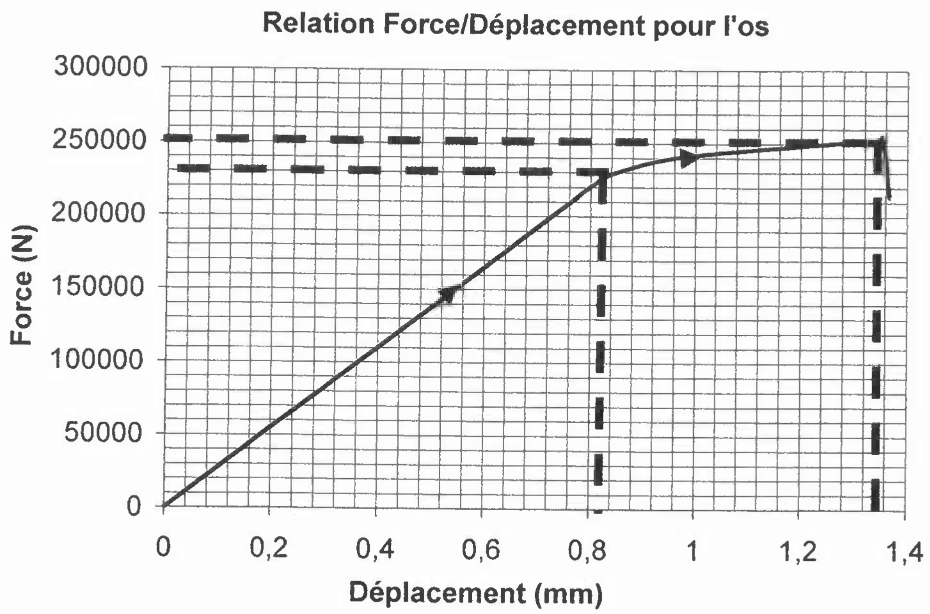
7- 0,2 Mpa

8- 200000 Pa

9- 0,2 Gpa

10- 0,02 Mpa

Sur le même os que précédemment, on obtient la relation entre la force (F1) appliquée et le déplacement de l'extrémité de O de l'os



La contrainte limite élastique pour cet os est d'environ
11- 115000 Pa
12- 115000 MPa
13- 115000000 Pa
14- 115 Mpa
15- 0,115 GPa

16- les muscles squelettiques peuvent servir de ligaments actifs afin d'augmenter la congruence des articulations
17- les muscles produisent en se contractant de la chaleur utilisée pour produire la contraction elle même
18- la chaleur produite par les muscles qui se contractent permet aux réactions chimiques de se dérouler dans l'organisme dans des conditions optimales
19- le muscle a un rendement mécanique relativement faible d'environ 50 %
20- les muscles ne sont pas sollicités au cours du maintien postural pendant lequel ils sont au repos

La relation Force/Vitesse du muscle isolé peut s'écrire sous la forme suivante :

$$\mathbf{(F + a)\,(V + b) = (F_0 + a)\,b.}$$

Où F : force produite ; F_0 : force maximale développée ; V : vitesse de raccourcissement du muscle ; a et b respectivement constantes de force et de vitesse. La relation linéarisée permettant le calcul de la vitesse maximale de raccourcissement du muscle est :

21- $\dfrac{F_0 - V}{F_0 F} = \dfrac{b}{a\, F_0} + \dfrac{F}{bV}$

22- $\dfrac{F_0 - F}{F_0 V} = \dfrac{a}{bF_0} + \dfrac{F}{b\, F_0}$

23- $\dfrac{F_0 - F}{FV} = \dfrac{b}{aF_0} + \dfrac{F}{aF_0}$

24- $\dfrac{F - F_0}{F_0 V} = \dfrac{a}{bF_0} + \dfrac{F_0}{b\, F}$

25- aucune réponse (21 à 24) n'est vraie

26- la gradation de la force musculaire résulte de la sommation spatiale et de la sommation temporelle

27- la sommation temporelle s'explique par une augmentation de la quantité de potassium au niveau des protéines contractiles lors de la contraction

28- la sommation temporelle s'explique en partie par une meilleure sollicitation des structures élastiques de transmission de la force

29- la sommation spatiale permet de retarder la fatigue musculaire en recrutant progressivement les unités motrices

30- le phénomène d'escalier résulte de l'amélioration de la cinétique calcique pendant la contraction musculaire lorsque celle-ci est répétée (lors des premières répétitions)

Le muscle squelettique a été modélisé par Hill (1951) qui propose un système mécanique composé :

31- d'une composante contractile et de 2 composantes élastiques

32- d'une composante élastique parallèle impliquée, à partir d'une certaine longueur, dans la transmission de la force de résistance passive du muscle

33- d'une composante élastique parallèle constituée d'une fraction active (ponts acto-myosine) et d'une fraction passive (tissu conjonctif et sarcolemme)

34- d'une composante élastique série localisée exclusivement au niveau des tendons

35- d'une composante élastique série chargée de la transmission de la force produite par la composante contractile

Considérons les modalités de contraction musculaire. Selon vous :

36- le muscle est un générateur de force qui travaille en raccourcissement

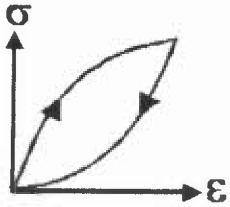
37- les deux types de contractions excentriques et concentriques sont impliqués dans les gestes de la vie quotidienne

38- une contraction excentrique peut être réalisée en condition isocinétique

39- une contraction en condition isotonique caractérise une contraction anisométrique

40- un muscle qui s'allonge alors qu'il est stimulé travaille en isotonique

Le comportement du matériau testé sur la figure suivante (relation contrainte- déformation) est :



41- viscoplastique
42- viscoélastique
43- élastique
44- élastoplastique
45- aucune des réponses 41 à 44 n'est vraie

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

46- permet de déterminer le temps de contraction et le temps de relaxation du muscle considéré
47- est identique lorsque l'on considère un même muscle quelles que soient les conditions de température et de fatigue
48- est obtenue par stimulation maximale tétanique du muscle
49- a une amplitude maximale qui dépend de la quantité de collagène présente dans le muscle
50- fusionne (sommation) lorsque la fréquence de stimulation augmente pour donner un plateau tétanique plus ou moins parfait

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

51- que pour de faible longueur de muscle, la force produite est nulle alors que la stimulation est maximale
52- que la quantité de tissu conjonctif du muscle influence le comportement de cette relation (force-longueur globale)
53- qu'il faut, à partir d'une certaine longueur de muscle, tenir compte de la relation tension-longueur passive de la composante élastique parallèle
54- que la relation force-longueur de la composante contractile a une allure hyperbolique
55- que la force développée par le muscle ne dépend pas uniquement de la stimulation

La relation couple-angle déterminée *in vivo :*

56- est hyperbolique
57- permet de déterminer les propriétés mécaniques du système musculo-articulaire
58- permet grâce à certaines hypothèses de déterminer la relation force-longueur d'un groupe musculaire
59- permet d'évaluer les effets d'un entraînement sur la capacité de production de force d'un muscle très précisément
60- est modifiée différemment par un entraînement isométrique et anisométrique

Le comportement de la composante élastique parallèle :

61- présente un caractère viscoélastique

62- caractérise le système musculaire à l'état passif

63- montre un phénomène d'hystérésis influencé par la vitesse de déformation

64- décrit une relation tension-longueur de nature parabolique

65- doit être pris en compte à partir d'un certain degré de raccourcissement du muscle

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

66- la vitesse maximale de raccourcissement du muscle est obtenue pour une charge maximale

67- pour une vitesse donnée, la force produite est inférieure à celle produite en condition excentrique

68- on observe un déficit de force avec l'augmentation de vitesse permettant de caractériser une « viscosité analogue » du muscle

69- la vitesse de raccourcissement du muscle diminue lorsque la force augmente

70- on observe une perte de charge avec la diminution de vitesse liée à une mobilisation moins rapide de l'énergie chimique du muscle

S'agissant des propriétés biomécaniques du tissu osseux

71- pour un niveau de contrainte donnée, la déformation d'un os spongieux est supérieure à celle d'un os compact

72- pour un niveau de contrainte donnée, l'énergie stockée par l'os spongieux est inférieure à celle stockée par l'os compact

73- l'élasticité d'un os compact est supérieure à celle d'un os spongieux

74- le module d'élasticité (Young) est plus élevé pour l'os compact que pour l'os spongieux

75- la contrainte à la rupture en traction est plus élevée pour l'os compact que pour l'os spongieux

Le comportement viscoélastique implique :

76- une dépendance vis à vis des sollicitations mécaniques antérieures du matériau

77- une relation linéaire entre la contrainte et la déformation

78- une indépendance à la vitesse de la sollicitation

79- une restitution d'énergie lors d'un cycle d'étirement / relâchement

80- un retour à l'état initial après relâchement de la contrainte

L'os compact

81- présente des travées orientées de façon à offrir une plus grande résistance aux tensions subies par l'os

82- est présent dans les os longs au niveau de la diaphyse

83- est constitué d'ostéons, systèmes cylindriques de lamelles osseuses juxtaposés les uns aux autres

84- est présent dans les os plats

85- est constitué d'os lamellaire dont les travées osseuses délimitent des cavités contenant de la moelle osseuse

Concernant le contrôle du remaniement osseux

86- la parathormone stimule la résorption osseuse en activant les ostéoplastes

87- les sollicitations mécaniques déterminent l'endroit où le remaniement osseux doit avoir lieu

88- les sollicitations mécaniques contrôlent l'activation de la calcitonine et de la parathormone

89- la calcitonine stimule l'apposition de substance osseuse en activant les ostéoblastes

90- les sollicitations mécaniques produisent un courant électrique en déformant l'os

D'un point de vue biomécanique,

91- l'os résiste moins bien, lorsqu'il est soumis à une contrainte de flexion, à la compression qu'à la traction

92- les tubérosités osseuses permettent de réduire le travail des muscles et donc de diminuer les contraintes qu'ils appliquent sur l'os

93- les muscles jouent un rôle important de précontrainte pour lutter contre les effets de la flexion

94- en plus des muscles, les membranes interosseuses viscoélastiques peuvent jouer un rôle dans l'augmentation des contraintes appliquées à une pièce osseuse

95- le système dynamique actif joué par les muscles agit en développant une force sur la convexité de la pièce osseuse afin de déplacer l'axe neutre des contraintes vers cette convexité

Une fracture osseuse peut avoir lieu :

96- pour des contraintes supérieures au niveau de contrainte à la rupture théorique si l'os a subi des sollicitations mécaniques antérieures

97- si l'os fatigue, c'est à dire s'il répond moins bien à une stimulation électrique

98- pour des niveaux de contraintes inférieures à la contrainte à la rupture théorique si les sollicitations sont répétées

99- si les ligaments qui s'insèrent sur la pièce osseuse fatiguent et donc absorbent moins les contraintes qui s'y appliquent

100- quand sa contrainte limite d'élasticité est atteinte ou dépassée

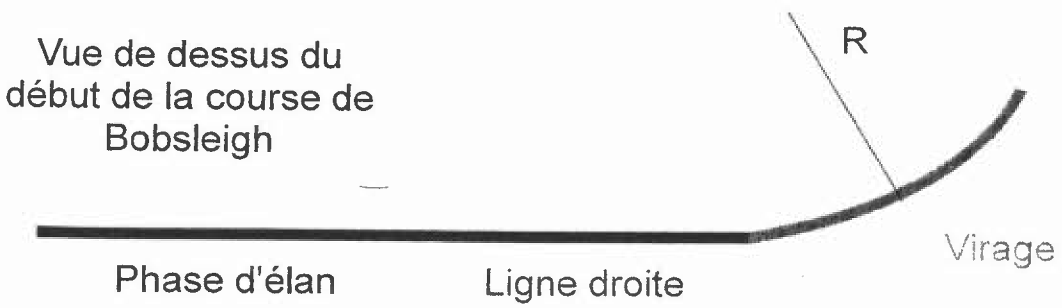
Université de Nantes **UFR STAPS** Année universitaire 2013/2014 Examen terminal, dispensés d'assiduité

Année d'études : *Licence 2* Enseignant responsable : *C Cornu, A Nordez, H Hauraix, Julien Lardy, Sylvain Crémoux*	Durée de l'épreuve : *1h30* Documents autorisés : *aucun, calculatrices interdites*

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

Exercice 1 (6 pts)

On considère une course de bobsleigh. $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$



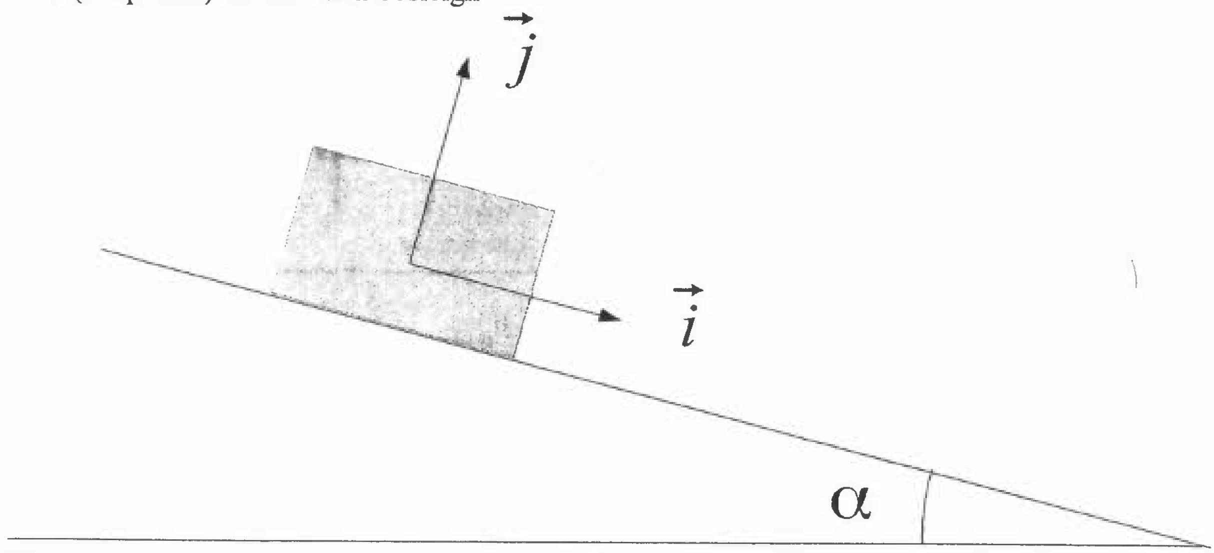
1/ Pendant la phase d'élan, on considère que la piste est horizontale et que l'accélération du bobsleigh est constante et vaut $a=5 \text{ m.s}^{-2}$ et que la vitesse initiale est nulle. Calculez le temps mis pour parcourir la zone d'élan de 10 m, ainsi que la vitesse atteinte.

2/ Après la phase d'élan, le bobsleigh descend une pente de $\alpha = 15°$ en ligne droite (schéma ci-dessous), et on néglige les frottements. La ligne droite est entamée à t=0 avec la vitesse initiale atteinte en fin de course d'élan. Posez le principe fondamental de la dynamique. Calculez la vitesse atteinte et la distance parcourue lors de la ligne droite, soit 2s après la fin de la course d'élan. Les valeurs de sinus, cosinus et tangente sont données ci dessous.

3/ A l'issue de la ligne droite, le bob rencontre un virage, avec un rayon de courbure R=10m, qu'il aborde avec une vitesse constante qui correspond à la vitesse atteinte en fin de ligne droite. Exprimer le vecteur accélération dans ce virage et expliquez quelles seront les conséquences de cette accélération.

4/ On ne néglige plus les frottements dans la partie du parcours en ligne droite. Sur le schéma suivant dessinez toutes les forces appliquées au bob (pensez à inclure le schéma dans votre copie). Détaillez l'expression littérale des forces de frottement, sans réaliser de calcul. Quelle seront les conséquences pratiques des forces de frottement pour la partie du parcours en ligne droite ?

Vue (simplifiée) de coté du Bobsleigh



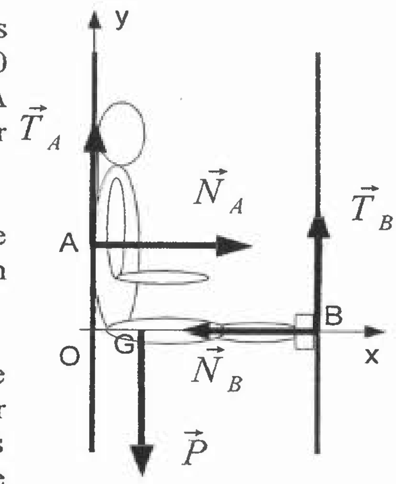
Nom **Prénom**

$g=10m.s^{-2}$;

Angle	cos	sin	tan
0	1	0	0
15	1	0.25	0.25
30	0.9	0.5	0.56
45	0.7	0.7	1
60	0.5	0.9	1.7
75	0.25	1	4
90	0	1	/
105	-0.25	1	-4
120	-0.5	0.9	-1.7
135	-0.7	0.7	-1
150	-0.9	0.5	-0.56
165	-1	0.25	-0.25
180	-1	0	0

Exercice 2 (4 pts)

Un alpiniste de 80 kg est en opposition avec son dos et ses pieds placés sur deux parois verticales avec un angle tronc-cuisse de 90°, comme décrit sur la figure suivante :



On considère que les forces de contact au niveau des deux parois sont appliquées aux points A et B de coordonnées (en mètres) (0 0,4) et (0,8 0), respectivement. Le coefficient de frottement en A (f_A) est de 0,5, et le centre de gravité G de l'alpiniste a pour coordonnées (0,2 0).

1/ D'un point de vue qualitatif, expliquez le rôle des efforts que l'alpiniste peut produire dans le maintien de la posture, en relation avec les frottements.

2/ Faire le bilan des forces extérieures appliquées au système [alpiniste], puis écrire le principe fondamental de la statique pour que ce système puisse être en statique. Obtenir les trois équations de la statique, puis les équations du frottement. *Aide :* il faut faire le calcul des moments par rapport au point B.

3/ Calculez $\vec{T}_A$, $\vec{N}_A$, $\vec{T}_B$, $\vec{N}_B$, puis f_B le coefficient de frottement en B. Que pensez-vous de vos résultats ? Qu'est-ce que l'alpiniste aura intérêt à mettre en œuvre ?

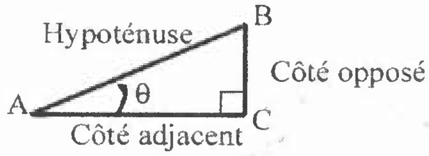
On donne g= 10 m/s². Si besoin, les valeurs de sinus, cosinus et tangentes sont données dans l'exercice précédant.

FORMULES DE BASE DE MATHEMATIQUES

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)

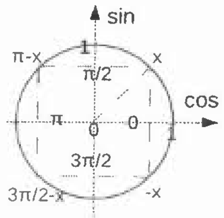


$$AC^2+BC^2=AB^2$$

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

$$\sin\theta=\frac{côteopp}{hyp}=\frac{BC}{AB} \quad \cos\theta=\frac{côteadj}{hyp}=\frac{AC}{AB} \quad \tan\theta=\frac{\sin\theta}{\cos\theta}=\frac{côteopp}{côteadj}=\frac{BC}{AC}$$

Moyen mnémotechnique : SOHCAHTOA



$$-1\leq sinx\leq 1 \quad -1\leq cosx\leq 1 \qquad \sin(-x)=-sinx \quad \sin(\Pi-x)=sinx$$

$$\sin(\Pi+x)=-sinx \qquad \cos(-x)=cosx \quad \cos(\Pi-x)=-cosx$$

$$\cos(\Pi+x)=-cosx$$

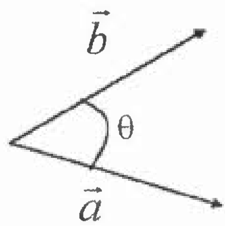
1-3 Vecteurs

Soient deux points $A(x_A, y_A)$ et $B(x_B, y_B)$, le vecteur $\vec{AB}$ s'écrit : $\vec{AB}=(x_B-x_A)\vec{i}+(y_B-y_A)\vec{j}$.

Si $\vec{AB}=x\,\vec{i}+y\,\vec{j}$, 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 : $\vec{AB}+\vec{BC}=(x_{AB}+x_{BC})\vec{i}+(y_{AB}+y_{BC})\vec{j}$

Multiplication par un scalaire : $k\,\vec{AB}=kx_{AB}\,\vec{i}+ky_{AB}\,\vec{j}$



Soient deux vecteurs $\vec{a}=a_x\vec{i}+a_y\vec{j}$ et $\vec{b}=b_x\vec{i}+b_y\vec{j}$ et Θ l'angle formé par ces deux vecteurs

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

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

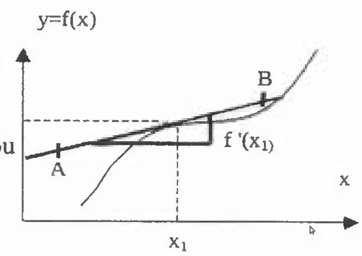
Le résultat du produit vectoriel, est en toute rigueur, un vecteur. Mais en pratique, nous ne traiterons que des problèmes bidimensionnels, et nous pourrons considérer que le produit vectoriel est un scalaire (nombre).

2- Fonction – dérivation - intégration

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

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* : $\frac{f(x+\Delta x)-f(x)}{\Delta x}$ ¿

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

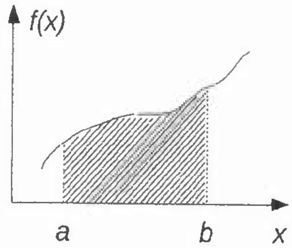
2-3 Dérivées de fonctions usuelles

$f(x)$	$f'(x)$	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}	$\left(\frac{f}{g}\right)'=\frac{f'g+fg'}{g^2}$
$\frac{1}{x^n}=x^{-n}$	$\frac{-n}{x^{n+1}}=nx^{-n-1}$	$(gof)'=(g'of)f'$
$\sqrt{x}=x^{1/2}$	$\frac{1}{2\sqrt{x}}=\frac{1}{2}x^{-1/2}$	$(e^f)'=e^f f'$
$\cos x$	$-\sin x$	
$\sin x$	$\cos x$	
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 : $v(t)=p'(t)=\dot{p}(t)=\frac{dp(t)}{dt}$ et $a(t)=v'(t)=\dot{v}(t)=\frac{dv(t)}{dt}=p''(t)=\ddot{p}(t)=\frac{d^2p(t)}{dt^2}$

2-4 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).



2-5 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 $v(t)=\int_0^t a(t)dt=A(t)-A(0)$, où *V(t)* et *A(t)* sont les primitives de la vitesse et de l'accélération

2-6 Équation du second degré

Si on cherche les solutions (racines) de l'équation : $ax^2+bx+c=0$, il faut calculer $\Delta=b^2-4ac$. Puis les deux solutions sont : $x_1=\frac{-b+\sqrt{\Delta}}{2a}$ et $x_2=\frac{-b-\sqrt{\Delta}}{2a}$