

SESSION 2014

**CAPES
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

SECTION PHYSIQUE-CHIMIE

EXPLOITATION D'UN DOSSIER DOCUMENTAIRE

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

THÈME : LA PERFORMANCE ET LE SPORT

A l'aide du dossier documentaire en annexe, on se propose d'aborder le thème de la performance sportive au travers de différentes activités pédagogiques et d'études scientifiques.

Le dossier documentaire est constitué de différentes annexes :

Annexe 1. Extraits réglementaires et officiels.

- . **Annexe 1.1** – Extrait du B.O. spécial n°4 du 29 avril 2010 relatif au programme de l'enseignement de physique-chimie du tronc commun en classe de seconde générale et technologique.
- . **Annexe 1.2** – Extrait du B.O. spécial n°3 du 17 mars 2011 relatif au programme de physique-chimie du tronc commun des séries STI-2D et STL.
- . **Annexe 1.3** – Extrait du B.O. spécial n°8 du 13 octobre 2011 relatif au programme de l'enseignement spécifique et de spécialité de physique-chimie en classe de terminale de la série scientifique.

Annexe 2. Documents supports à l'enseignement et productions d'élèves.

- . **Annexe 2.1** – Le rugby, sport de contact et d'évitement.

Annexe 3. Documents scientifiques et techniques liés au thème du sujet.

- . **Annexe 3.1** – Lancers de 'poids'.
- . **Annexe 3.2** – La force de traînée.
- . **Annexe 3.3** – La performance en saut en longueur.
- . **Annexe 3.4** – Aussi vite, aussi haut, aussi fort
- . **Annexe 3.5** – La performance en sprint.
- . **Annexe 3.6** – Les dégagements du ballon rond.
- . **Annexe 3.7** – Lactate et exercice : mythes et réalités.
- . **Annexe 3.8** – Acide lactique et spectre du proton.
- . **Annexe 3.9** – La détection des bulles circulantes.

Document réponse (à rendre avec la copie)

- . **Document A1** – Un extrait de copie d'élève.

LA PERFORMANCE ET LE SPORT

1. La performance en rugby : entre le contact et l'évitement.

On s'intéresse tout d'abord au document 1 de l'annexe 2.1. Ce document est l'énoncé d'un exercice donné au baccalauréat en 2013. Le document A1, en annexe, est un extrait d'une copie d'élève rédigée dans le cadre d'un devoir sur table. Ce document réponse est à rendre avec la copie.

- 1.1. Quelles sont les connaissances - notions et contenus - et les compétences évaluées par l'exercice ?
- 1.2. Corriger la copie de l'élève dans la perspective de l'aider à s'auto-corriger. Les annotations et les commentaires seront écrits lisiblement - au stylo rouge - sur le document A1 en annexe, **à rendre avec la copie du candidat.**
- 1.3. Rédiger une solution de la dernière question de l'exercice.
- 1.4. Identifier les principales difficultés rencontrées par l'élève. Une réponse de 5 lignes maximum est attendue.

2. La performance en athlétisme.

Le lancer de poids

Pour les questions concernant cette partie, on utilisera l'annexe 3.1 'Lancers de poids' présentant un extrait de la thèse d'Olivier Rambaud.

- 2.1. À quels niveaux et dans quels types d'activités peut-on envisager d'utiliser tout ou partie de ce document pour des élèves de lycée ? Une réponse de 20 lignes maximum est attendue.
- 2.2. Démontrer l'expression donnant la distance horizontale L atteinte par l'engin de lancer.
- 2.3. On peut lire : « L'angle d'envol de l'engin est fortement influencé par la technique. Les valeurs optimales moyennes d'angles sont de 42 degrés pour le poids (...). ». Pourquoi cet angle optimal n'est-il pas de 45° ? Calculer la valeur de la hauteur d'envol h_0 de l'engin pour un lancer de poids.
- 2.4. Déterminer l'ordre de grandeur de la force appliquée par le lanceur sur le projectile lors de la phase d'éjection.
- 2.5. A l'aide d'un schéma, effectuer un bilan des forces extérieures s'exerçant sur le système {lanceur + projectile}. En appliquant le principe fondamental de la dynamique sur ce système, déterminer - en introduisant toute grandeur utile à votre résolution - un ordre de grandeur des forces de réaction horizontale et verticale du sol sur le lanceur lors de la phase d'éjection du lancer de poids. Les éventuelles approximations seront justifiées.

Par la suite, on s'intéresse à l'influence de la résistance de l'air (voir annexe 3.2)

- 2.6. Par analyse dimensionnelle, déterminer l'unité dans le système international de la viscosité dynamique η . Calculer la valeur du nombre de Reynolds associé à la phase de vol. L'écoulement de l'air autour de l'engin est-il laminaire ou turbulent ?
- 2.7 Calculer la valeur de la force de trainée s'exerçant sur le poids à son envol, et estimer (à un facteur 2 près) son travail pendant la phase de vol. Que conclure alors ?

Le saut en longueur

Les différentes phases du saut en longueur sont présentées sur le document 1 de l'annexe 3.3.

- 2.8. Commenter la valeur de l'angle d'envol indiquée dans le document 3 de l'annexe 3.3. Proposer une explication qualitative. Une réponse de 5 lignes maximum est attendue.
- 2.9. Le document 2 de l'annexe 3.3 présente Brittney REESE lors de la phase de réception. A l'aide des documents de l'annexe 3.3, estimer la valeur de la longueur de réception notée l_3 si l'athlète tombe en avant. On précisera les approximations effectuées.
- 2.10. Quelles sont les différences et les analogies entre l'étude du lancer de poids et l'étude d'un saut en longueur du point de vue de la mécanique ? Une réponse de 10 lignes maximum est attendue.

Le sprint

2.11. Retrouver les deux estimations de l'énergie fournie par quadriceps (850 J et 480 J) annoncées par les auteurs de l'article de Pour la Science (annexe 3.4).

2.12. Résolution de problème :

A quelle vitesse maximale un homme peut-il courir lors d'un sprint ? On pourra utiliser les annexes 3.4 et 3.5, pour répondre à cette question.

Pour déterminer les valeurs numériques, il sera peut-être nécessaire d'estimer la valeur de grandeurs physiques qui ne seront pas données par l'énoncé.

Il est par exemple attendu que :

- *un choix des notations utilisées en attribuant un nom à chacune des grandeurs physiques introduites. Les calculs devront être menés sous forme littérale, avec pour objectif final d'obtenir une valeur numérique ;*
- *une présentation claire des éventuelles hypothèses choisies et un commentaire argumenté sur les phénomènes qui seront considérés comme négligeable ;*
- *une analyse du résultat obtenu.*

3. La performance en football.

L'annexe 3.6 est un extrait d'un article de Pour la Science sur le football.

- 3.1. Les auteurs affirment que « la traînée ne devient égale au poids que pour une vitesse d'un peu plus de 30 mètres par seconde ». Sachant qu'un ballon de football a un diamètre de 22 cm, calculer plus précisément la valeur de sa vitesse pour laquelle la force de trainée est égale à son poids.
- 3.2. Montrer que, comme l'affirment les auteurs, lorsqu'un projectile est soumis uniquement à la force de trainée, la vitesse décroît exponentiellement avec la distance. Définir la distance de décroissance caractéristique de la vitesse et la calculer pour un ballon de football. La valeur obtenue est-elle conforme aux prédictions des auteurs ?

4. La crampe : source de contre-performance.

Le document de l'annexe 3.7 présente un extrait d'un article scientifique. Si cet article utilise le vocabulaire utilisé par les biochimistes, les questions qui suivent s'adressent à des chimistes.

- 4.1. Un groupe à effectif réduit d'élèves de terminale scientifique sont réunis dans le cadre de l'accompagnement personnalisé pour la partie approfondissement des notions étudiées. Présenter alors un scénario – 10 lignes au maximum - pour que ce groupe puisse arriver à la conclusion que le spectre RMN proposé dans l'annexe 3.8 correspond bien à une partie significative de celui de l'acide lactique.
- 4.2. En s'appuyant sur les données qualitatives et quantitatives des documents du dossier documentaire et en mobilisant les connaissances nécessaires, présenter deux autres notions et contenus que l'étude de l'acide lactique permet dans le cadre d'un enseignement en terminale scientifique. La réponse doit comporter les explications et justifications – schémas, textes, calculs, qu'un professeur doit présenter à ses élèves.
- 4.3. Valider quantitativement le fait que les réserves d'ATP dans le corps ne peuvent qu'à peine assumer « un départ de sprint ». Des informations données dans le document de l'annexe 3.4 peuvent être utilisées.
- 4.4. Comment peut-on justifier que l'exercice musculaire est associé à la production de lactate - et non d'acide lactique - à une classe de terminale scientifique ?
- 4.5. Après avoir donné une définition de l'acidose, justifier son apparition. Puis identifier les erreurs couramment répandues sur le lien entre crampe musculaire et l'acide lactique.

5. La plongée : les bulles circulantes.

L'annexe 3.9 se compose :

- d'un extrait de la notice du détecteur de bulles Doppler permettant de mettre en évidence la formation des bulles de gaz se formant dans l'organisme lors d'une plongée sous-marine (document 1) ;
- d'un extrait d'un article traitant de la réflexion et de la transmission d'ondes ultrasonores (document 2) ;
- et de données numériques (document 3).

5.1. Pour quelle raison des bulles de gaz peuvent se former dans l'organisme du plongeur lors de la remontée en plongée ?

5.2. Démontrer l'expression de la fréquence du signal reçu par la sonde (source et détecteur du signal ultrasonore) en fonction de la fréquence du signal émis, de la célérité du son dans le milieu c et de la vitesse des bulles v (v est petite devant c). On supposera que les bulles se déplacent avec une vitesse constante en direction de la sonde.

Dans la notice, il est écrit : « La modulation résultante est alors identifiée par l'appareil, le signal perçu étant d'autant plus aigu que la vitesse des éléments est grande. » Cette affirmation est-elle validée ?

5.3. Rappeler l'expression d'une onde progressive se propageant vers les x croissants.

On appelle impédance acoustique dans un milieu le rapport $Z = \frac{p}{v}$ de la surpression p (ou pression acoustique) et de la vitesse v des particules de fluide lors de la propagation d'une onde sonore. À l'aide de l'équation d'Euler (à une dimension) linéarisée dans le cadre de l'approximation acoustique, montrer que l'impédance acoustique s'écrit $Z_0 = \rho_0 \cdot c$, où ρ_0 est la masse volumique du fluide au repos et c est la célérité du son dans le milieu. Quelle est l'unité SI de l'impédance acoustique ?

5.4. Quelle relation vérifient les coefficients de réflexion R et de transmission T introduits dans le document 2 ? Pourquoi ?

5.5. Montrer qu'il est nécessaire de mettre un gel pour pouvoir détecter les bulles circulantes dans l'organisme du plongeur. Donner une estimation de la valeur optimale de son impédance acoustique.

5.6. Sachant que la valeur minimale du rayon des bulles circulantes que l'on peut détecter est de 30 à 50 μm , le signal reçu a-t-il été réfléchi ou rétrodiffusé par les bulles ?

5.7. Calculer les valeurs I_{\min} et I_{\max} de l'intensité sonore dans la zone d'observation, où les faisceaux émis et réfléchis se croisent, en estimant que le diamètre de la pastille piézo-électrique est de 5,0 mm.

FIN DU SUJET

DOSSIER DOCUMENTAIRE

ANNEXE 1 – Textes réglementaires et officiels

ANNEXE 1.1 – Programme de physique-chimie du tronc commun en classe de seconde

Extrait du B.O. n°4 du 29 avril 2010 relatif au programme de l'enseignement de physique-chimie du tronc commun en classe de seconde générale et technologique.

LA PRATIQUE DU SPORT

La pratique du sport est fortement répandue dans nos sociétés, dans les loisirs ou en compétition.

L'objectif premier de ce thème est de montrer concrètement que l'analyse de l'activité sportive est possible en ayant recours à des connaissances et à des méthodes scientifiques. Leur prise en compte dans une approche pluridisciplinaire permet d'améliorer la pratique sportive et de l'adapter de façon raisonnée à la recherche d'un bon état de santé.

NOTIONS ET CONTENUS	COMPÉTENCES ATTENDUES
L'étude du mouvement : l'observation, l'analyse de mouvements et le chronométrage constituent une aide à l'activité sportive. Des lois de la physique permettent d'appréhender la nature des mouvements effectués dans ce cadre.	
Relativité du mouvement. Référentiel. Trajectoire. Mesure d'une durée ; chronométrage.	Comprendre que la nature du mouvement observé dépend du référentiel choisi. <i>Réaliser et exploiter des enregistrements vidéo pour analyser des mouvements.</i> Porter un regard critique sur un protocole de mesure d'une durée en fonction de la précision attendue
Actions mécaniques, modélisation par une force. Effets d'une force sur le mouvement d'un corps : modification de la vitesse, modification de la trajectoire. Rôle de la masse du corps. Principe d'inertie.	Savoir qu'une force s'exerçant sur un corps modifie la valeur de sa vitesse et/ou la direction de son mouvement et que cette modification dépend de la masse du corps. Utiliser le principe d'inertie pour interpréter des mouvements simples en termes de forces. <i>Réaliser et exploiter des enregistrements vidéo pour analyser des mouvements.</i>

ANNEXE 1.2 – Programme de physique-chimie en première STI-2D et STL

Extrait du B.O. spécial n°3 du 17 mars 2011 relatif au programme de l'enseignement de physique-chimie du tronc commun des séries STI-2D et STL.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Mise en mouvement	
Référentiels, trajectoires, vitesse, vitesse angulaire, accélération.	- Mesurer des vitesses et des accélérations. - Écrire et appliquer la relation entre distance parcourue et vitesse dans un mouvement de translation à vitesse ou à accélération constante. - Citer des ordres de grandeurs de vitesses et d'accélérations. - Écrire et appliquer la relation entre vitesse et vitesse angulaire. - Écrire et appliquer la relation donnant l'angle balayé dans un mouvement de rotation à vitesse angulaire constante.
Énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation. Énergie cinétique d'un solide en mouvement de rotation ; moment d'inertie d'un solide par rapport à un axe. Énergie potentielle de pesanteur. Énergie potentielle élastique. Énergie mécanique.	- Écrire et exploiter les relations de définition de l'énergie cinétique d'un solide en translation ou en rotation. - Prévoir les effets d'une modification de l'énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation ou de rotation. - Analyser des variations de vitesse en termes d'échanges entre énergie cinétique et énergie potentielle. - Exprimer et utiliser l'énergie mécanique d'un solide en mouvement. - Analyser un mouvement en termes de conservation et de non-conservation de l'énergie mécanique et en terme de puissance moyenne.

D

ANNEXE 1.3 – Programme de physique-chimie en terminale S

Extrait du B.O. n°8 du 13 octobre 2011 relatif au programme de l'enseignement spécifique de physique-chimie en classe de terminale de la série scientifique.

Notions et contenus	Compétences exigibles
Temps, mouvement et évolution	
<p>Temps, cinématique et dynamique newtoniennes Description du mouvement d'un point au cours du temps : vecteurs position, vitesse et accélération.</p> <p>Référentiel galiléen.</p> <p>Lois de Newton : principe d'inertie, $\sum \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$ et principe des actions réciproques.</p> <p>Conservation de la quantité de mouvement d'un système isolé.</p> <p>Mouvement d'un satellite. Révolution de la Terre autour du Soleil.</p> <p>Lois de Kepler.</p>	<p>Extraire et exploiter des informations relatives à la mesure du temps pour justifier l'évolution de la définition de la seconde.</p> <p>Choisir un référentiel d'étude. Définir et reconnaître des mouvements (rectiligne uniforme, rectiligne uniformément varié, circulaire uniforme, circulaire non uniforme) et donner dans chaque cas les caractéristiques du vecteur accélération.</p> <p>Définir la quantité de mouvement \vec{p} d'un point matériel.</p> <p>Connaître et exploiter les trois lois de Newton ; les mettre en œuvre pour étudier des mouvements dans des champs de pesanteur et électrostatique uniformes. <i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour étudier un mouvement.</i></p> <p><i>Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour interpréter un mode de propulsion par réaction à l'aide d'un bilan qualitatif de quantité de mouvement.</i></p> <p>Démontrer que, dans l'approximation des trajectoires circulaires, le mouvement d'un satellite, d'une planète, est uniforme. Établir l'expression de sa vitesse et de sa période.</p> <p>Connaître les trois lois de Kepler ; exploiter la troisième dans le cas d'un mouvement circulaire.</p>
Structure et transformation de la matière	
<p>Représentation spatiale des molécules Chiralité : définition, approche historique.</p> <p>Représentation de Cram.</p> <p>Carbone asymétrique. Chiralité des acides α-aminés.</p> <p>Énantiomérie, mélange racémique, diastéréoisomérisation (Z/E, deux atomes de carbone asymétriques).</p> <p>Conformation : rotation autour d'une liaison simple ; conformation la plus stable.</p> <p>Formule topologique des molécules organiques.</p> <p>Propriétés biologiques et stéréoisomérisation.</p> <p>Réaction chimique par échange de proton Le pH : définition, mesure. Théorie de Brønsted : acides faibles, bases faibles ; notion d'équilibre ; couple acide-base ; constante d'acidité K_a. Échelle des pKa dans l'eau, produit ionique de l'eau ; domaines de prédominance (cas des acides carboxyliques, des amines, des acides α aminés)</p>	<p>Reconnaître des espèces chirales à partir de leur représentation.</p> <p>Utiliser la représentation de Cram.</p> <p>Identifier les atomes de carbone asymétrique d'une molécule donnée.</p> <p>À partir d'un modèle moléculaire ou d'une représentation reconnaître si des molécules sont identiques, énantiomères ou diastéréoisomères. <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour mettre en évidence des propriétés différentes de diastéréoisomères.</i></p> <p><i>Visualiser, à partir d'un modèle moléculaire ou d'un logiciel de simulation, les différentes conformations d'une molécule.</i></p> <p>Utiliser la représentation topologique des molécules organiques.</p> <p>Extraire et exploiter des informations sur : - les propriétés biologiques de stéréoisomères, - les conformations de molécules biologiques, pour mettre en évidence l'importance de la stéréoisomérisation dans la nature.</p> <p>Mesurer le pH d'une solution aqueuse. Reconnaître un acide, une base dans la théorie de Brønsted.</p> <p>Identifier l'espèce prédominante d'un couple acide-base connaissant le pH du milieu et le pKa du couple.</p>

DOSSIER DOCUMENTAIRE
ANNEXE 2 – Documents supports à l’enseignement et productions d’élèves.

ANNEXE 2.1 – Le rugby, un sport de contact et d’évitement.

Document 1. Enoncé d’un exercice donné au BACCALAUREAT S 2013 (Liban)

EXERCICE II : LE RUGBY, SPORT DE CONTACT ET D’ÉVITEMENT

Le rugby est un sport d’équipe qui s’est développé dans les pays anglo-saxons à la fin du XIX^{ème} siècle. Pour simplifier l’étude, les joueurs et le ballon seront supposés ponctuels.

Les parties 1 et 2 sont indépendantes.

1. Le rugby, sport de contact

Document 1 : le plaquage

Il y a « plaquage » lorsqu’un joueur porteur du ballon, sur ses pieds dans le champ de jeu, est simultanément tenu par un ou plusieurs adversaires, qu’il est mis au sol et/ou que le ballon touche le sol. Ce joueur est appelé « joueur plaqué ».

D’après <http://www.francerugby.fr/>

Un joueur A de masse $m_A = 115 \text{ kg}$ et animé d’une vitesse $v_A = 5,0 \text{ m.s}^{-1}$ est plaqué par un joueur B de masse $m_B = 110 \text{ kg}$ et de vitesse négligeable.

- 1.1. Dans quel référentiel les vitesses sont-elles définies ?
- 1.2. On suppose que l’ensemble des deux joueurs est un système isolé.
Exprimer, en justifiant le raisonnement, la vitesse des deux joueurs liés après l’impact puis calculer sa valeur.

2. Le rugby, sport d’évitement.

Document 2 : La chandelle

Au rugby, une « chandelle » désigne un coup de pied permettant d’envoyer le ballon en hauteur par-dessus la ligne de défense adverse. L’objectif pour l’auteur de cette action est d’être au point de chute pour récupérer le ballon derrière le rideau défensif.

D’après <http://www.francerugby.fr/>

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$.

On négligera toutes les actions dues à l’air.

Le joueur A est animé d’un mouvement rectiligne uniforme de vecteur vitesse \vec{V}_1 .

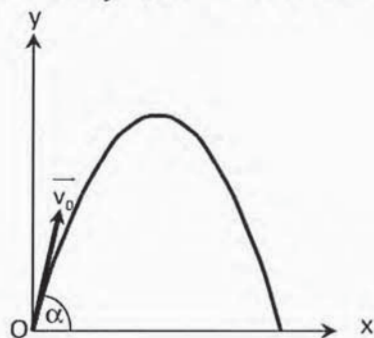
Afin d’éviter un plaquage, il réalise une chandelle au-dessus de son adversaire.

On définit un repère (O, \vec{i}, \vec{j}) :

- origine : position initiale du ballon ;
- vecteur unitaire \vec{i} de même direction et de même sens que \vec{V}_1 ;
- vecteur unitaire \vec{j} vertical et vers le haut.

À l'instant $t = 0$ s, le vecteur vitesse du ballon fait un angle α égal à 60° avec l'axe Ox et sa valeur est $v_0 = 10,0 \text{ m.s}^{-1}$.

Le graphique ci-dessous représente la trajectoire du ballon dans le repère choisi.



2.1. Étude du mouvement du ballon.

2.1.1. Établir les coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération du point M représentant le ballon.

2.1.2. Montrer que les équations horaires du mouvement du point M sont :

$$x(t) = (v_0 \cdot \cos\alpha) \cdot t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin\alpha) \cdot t$$

2.1.3. En déduire l'équation de la trajectoire du point M :

$$y(x) = -\frac{g}{2(v_0 \cdot \cos\alpha)^2} \cdot x^2 + (\tan\alpha) \cdot x$$

2.1.4. Le tableau de **I'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE** rassemble les représentations graphiques de l'évolution dans le temps des grandeurs x , y , v_x et v_y , coordonnées des vecteurs position et vitesse du point M.

Dans le tableau de **I'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, écrire sous chaque courbe l'expression de la grandeur qui lui correspond et justifier.

2.2. Une « chandelle » réussie

2.2.1. Déterminer par le calcul le temps dont dispose le joueur pour récupérer le ballon avant que celui-ci ne touche le sol.

Vérifier la valeur obtenue en faisant clairement apparaître la réponse sur l'un des graphes du tableau de **I'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Déterminer de deux manières différentes la valeur de la vitesse v_1 du joueur pour que la chandelle soit réussie.

DOSSIER DOCUMENTAIRE
ANNEXE 3 – Documents scientifiques et techniques liés au thème du sujet

ANNEXE 3.1 – Lancers de ‘poids’.

Extrait de la thèse d'Olivier Rambaud, « Facteurs musculaires associés à la performance en lancer », soutenue le 19 juin 2008, Université de Lyon

1.1.1. Principes généraux

L'action de lancer peut être définie comme le fait de projeter quelque chose à travers l'air ou l'espace, grâce à l'application d'une force, depuis la main ou le bras. De manière générale, le but est de lancer des projectiles de formes et de masses différentes en leur transmettant, par des actions musculaires coordonnées, une vitesse d'envol maximale. Il existe quatre disciplines de lancer athlétique : le disque, le poids, le marteau et le javelot. Le lancer peut se diviser en deux phases : la phase de lancement et la phase de vol.

La phase de lancement des quatre disciplines de lancer est caractérisée par la succession de trois actions distinctes :

- (i) la mise en mouvement du système mécanique constitué par le lanceur et son engin,
- (ii) l'accélération du lanceur et de l'engin dans l'aire de lancer,
- (iii) l'éjection finale de l'engin.

Le but de la phase de lancement est d'atteindre les conditions optimales d'envol pour l'engin. La distance parcourue par l'engin dépendra des paramètres décrits sur la figure 1 :

- (i) la hauteur d'envol par rapport au sol,
- (ii) l'angle d'envol de l'engin par rapport au sol,
- (iii) la vitesse d'envol de l'engin.

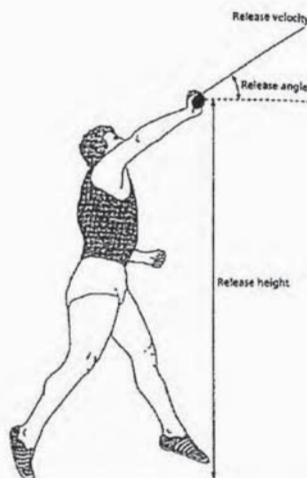


Figure 1 : Les paramètres d'éjection influençant la performance en lancer décrit par Bartonietz (tirée de Bartlett 2000).

Après l'éjection, la trajectoire de l'engin répond aux lois de la balistique. Pendant, la phase de vol, l'engin sera soumis aux forces gravitationnelles et aérodynamiques.

La hauteur d'envol par rapport au sol est principalement déterminée par la morphologie du lanceur mais également par son niveau technique. Les lanceurs présentent en général des dimensions corporelles exceptionnelles (Sidhu et coll. 1975, Morrow et coll. 1982).

L'angle d'envol de l'engin est fortement influencé par la technique. Les valeurs optimales moyennes d'angles sont de 42 degrés pour le poids, de 35 degrés pour le disque, de 34 degrés pour le javelot et de 44 degrés pour le marteau (Bartonietz 1993).

Quelle que soit la discipline de lancer, l'objectif est d'imprimer à l'engin la plus grande vitesse possible sur une durée de mouvement brève. Dans cet objectif, la trajectoire de l'engin durant le déplacement dans l'aire de lancer, devra être la plus grande possible (Bartonietz 1993). La vitesse à laquelle l'engin est éjecté est influencée d'une part, par les qualités musculaires du lanceur, et d'autre part, par l'aspect technique. D'un point de vue général, ce dernier dépend de la coordination et de la synchronisation du recrutement des différents groupes musculaires impliqués dans le mouvement. La vitesse finale à laquelle l'engin est lâché est le principal facteur déterminant la performance en lancer car la distance parcourue par l'engin est proportionnelle à la vitesse au carré comme le montre la formule suivante :

$$L = \frac{V_0^2}{g} \cos \alpha_0 \left(\sin \alpha_0 + \sqrt{\sin^2 \alpha_0 + \frac{2gh_0}{V_0^2}} \right)$$

où L est la distance horizontale en m atteinte par l'engin de lancer, g est l'accélération de la gravité soit $9,81\text{m.s}^{-2}$, V_0 est la vitesse d'éjection de l'engin exprimée en m.s^{-1} , h_0 est la hauteur d'envol de l'engin exprimée en m, et α_0 est l'angle d'envol de l'engin exprimé en degrés.

Enfin la trajectoire de l'engin, pendant le vol (*i.e.* la performance), sera fortement influencée par les conditions climatiques.

1.1.2. Le poids

Originellement issu de l'Antiquité, le lancer mesuré à Olympie avec la pierre de Bybon n'a que très peu de rapport avec sa pratique contemporaine. A partir du XII^{ème} siècle, à l'instar du marteau, le lancer de poids fait son apparition dans l'éducation des jeunes princes britanniques. C'est au XIX^{ème} siècle que le poids prend la forme sphérique et sa masse officialisée à 7,260 kg pour les hommes, en référence au poids du boulet de canon utilisé dans l'artillerie à cette époque. Pour les hommes, ces dimensions ont été conservées jusqu'à nos jours. Pour les femmes, le poids a une masse de 4 kg.

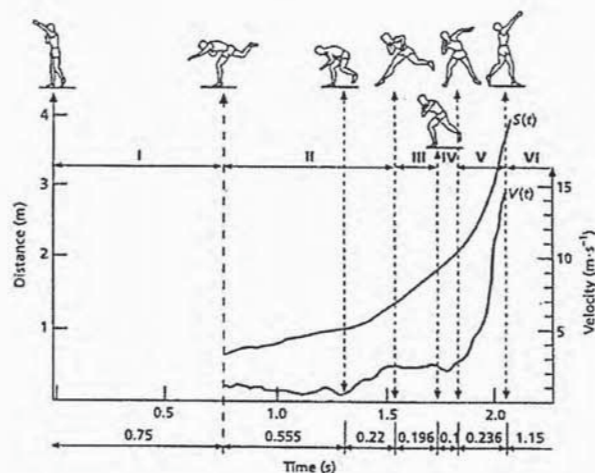


Figure 2 : Evolution du déplacement et de la vitesse de l'engin pour un lancer de poids en translation (adapté de Susanka 1974 ; tiré de Lanka 2000).

I : phase préparatoire, II : phase de départ, III : phase de vol, IV : phase de transition, V : phase d'éjection, VI : phase terminale.

Le lancer de poids se décompose en 6 phases. Les phases I et II correspondent à la mise en mouvement du système lanceur-engin. Pendant cette phase, l'engin atteint une vitesse de 2,5 m.s⁻¹. La phase III correspond à la phase du sursaut rasant. Durant cette phase, la vitesse de l'engin ne varie pas de façon significative. Durant la phase IV, on observe une rotation du tronc qui précède la phase V correspondant à une extension du membre inférieur d'appui, une rotation du tronc et à l'extension du membre supérieur. L'engin est éjecté à la fin de cette phase. Pendant la phase V, la vitesse de l'engin passe de 2,5 à 15 m.s⁻¹. La phase VI correspond à la phase de stabilisation du lanceur dans l'aire de lancer. La durée totale du mouvement jusqu'à l'éjection de l'engin est comprise entre 2 et 2,5 s.

ANNEXE 3.2 – La force de trainée

Document 1. Expressions et équations utiles

- Nombre de Reynolds : $Re = \frac{\rho V_{\infty} L}{\eta}$
- Expression de la force de trainée : $F_t = \frac{1}{2} C_x \rho S V_{\infty}^2$

avec

η : viscosité du fluide

ρ : Masse volumique du fluide (kg/m^3)

C_x : Coefficient de trainée

L : dimension caractéristique de l'obstacle

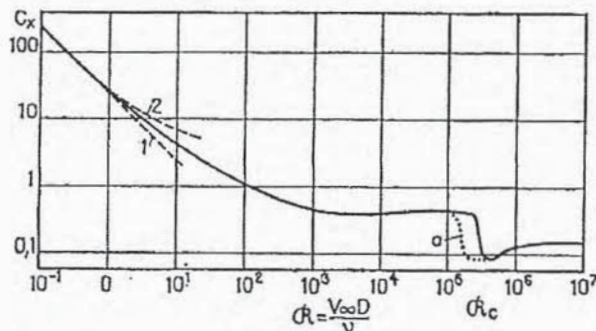
V_{∞} : Vitesse du fluide à grande distance de l'obstacle dans le référentiel de l'obstacle (m/s)

S : Maître-couple (m^2) = surface de l'obstacle projetée dans le plan perpendiculaire à \vec{V}_{∞}

- Equation d'Euler : $\rho \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \text{grad}) \vec{v} \right) = \rho \vec{g} - \text{grad} P$

Document 2. Coefficient de trainée C_x en fonction du nombre de Reynolds Re pour une sphère lisse. Source : ouvrage spécialisé

Re	0,1	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6
C_x	245	28	4,4	1,1	0,47	0,43	0,47	0,14



Variation du coefficient de trainée d'une sphère avec le nombre de Reynolds (a – en pointillés, cas d'une sphère rugueuse)

Document 3. Données

Valeur de l'intensité de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

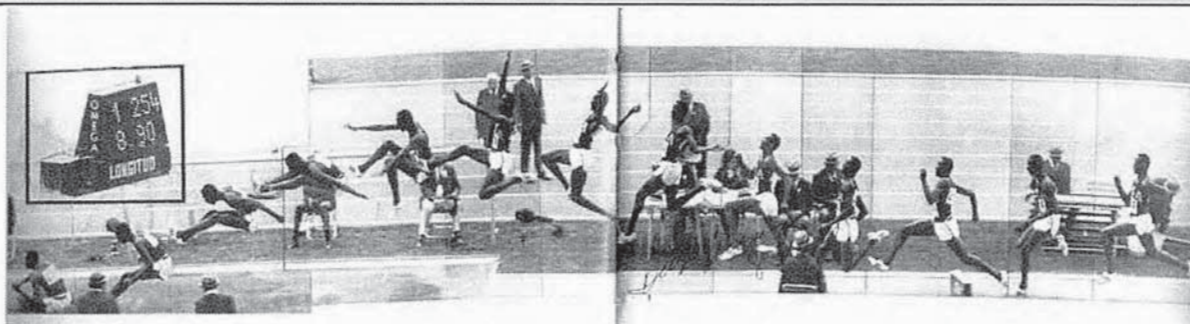
Masse volumique de l'acier $\rho_{\text{acier}} = 7,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

Masse volumique de l'air $\rho_{\text{air}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$

Viscosité dynamique de l'air : $\eta = 18,1 \times 10^{-6} \text{ SI}$

ANNEXE 3.3 – La performance en saut en longueur.

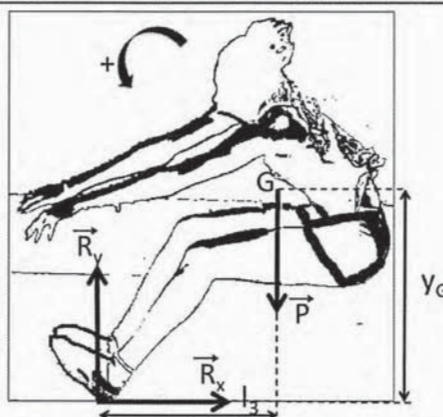
Document 1. Bob Beamon, jeux olympiques de Mexico, 1968



Dans le cas du saut en longueur, on distingue la phase d'appel, de vol et de réception.

Document 2. Brittney REESE lors de la phase de réception

Source : wikipédia



Brittney REESE (sautant de droite à gauche) lors de la phase de réception. Les forces s'exerçant sur elle sont son poids \vec{P} , ainsi que les composantes horizontale et verticale \vec{R}_x et \vec{R}_y de la force de réaction du sol. Le centre de gravité de l'athlète est noté G.

Document 3. Mesures effectuées lors d'un saut en longueur

Source : ouvrages spécialisés

Angle d'envol : angle que fait le vecteur vitesse avec l'horizontale à l'issue de la phase d'appel	18°
Accélération angulaire - mesurée par rapport à l'axe perpendiculaire à la figure du document 2 passant par G - lors de la phase de réception	8,0 rad/s ²
Moment d'inertie par rapport au centre de gravité lors de la phase de réception	7,0 kg.m ²
Hauteur y_G du centre de gravité par rapport au sol lors de la phase de réception	0,65 m
Composante horizontale de la force de réaction du sol	$R_x = 550$ N
Composante verticale de la force de réaction du sol	$R_y = 550$ N

ANNEXE 3.4 – Aussi vite, aussi haut, aussi fort

Extrait d'un article de Jean Michel Courty et Edouard Kierlik, Pour la Science 2005

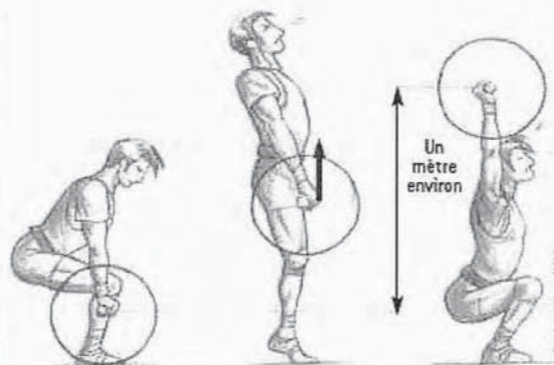
Dix secondes aux 100 mètres, six mètres au saut à la perche, neuf mètres au saut en longueur, etc. : les athlètes du sprint et des sauts nous stupéfient. Et les haltérophiles donc qui soulèvent plus de deux fois leur poids ! Pourtant, sous la diversité des chiffres et des disciplines sportives se cache un dénominateur commun : le quadriceps. Ce muscle du dessus de notre cuisse est le plus puissant de notre organisme et détermine nos performances optimales lors des efforts brefs et intenses.

Comment évaluer l'énergie que nos quadriceps sont capables de délivrer ? Pour ce faire, détournons-nous des sports qui sollicitent une grande variété de muscles à la fois et examinons l'haltérophilie. L'un des deux mouvements de cette discipline est l'arraché où l'athlète est initialement accroupi et les bras toujours tendus, se redresse, puis s'abaisse, avant de se relever ensuite.

Dans cet effort, seuls les muscles des cuisses agissent vraiment, le reste du corps ne faisant que suivre. Lors de la première étape, avant de se relever (voir la figure 1), l'haltérophile a contracté ses quadriceps une seule fois. Il a soulevé la barre et ses poids d'une hauteur équivalente au dépliement de la jambe accroupie et lui a donné assez de vitesse pour qu'elle s'élève d'un peu plus d'un mètre. Avec des haltères de 173 kilogrammes (record du monde dans la catégorie des moins de 77 kilogrammes), il aura fourni une énergie d'environ 1 700 joules, soit 850 joules par quadriceps.

Cette estimation est-elle raisonnable ? Pour le savoir, effectuons une détente verticale, c'est-à-dire un saut vers le haut sans course d'élan. Si toute cette énergie était convertie en énergie potentielle de gravité, un homme de 80 kilogrammes sauterait à une hauteur de près de deux mètres. Cela paraît beaucoup. Pourtant, en sautant pieds joints, sans course d'élan, un basketteur entraîné s'élève de plus de 80 centimètres. Si l'on tient compte d'une flexion d'appel de 40 centimètres, le centre de gravité de l'athlète se sera élevé de près de 1,2 mètre, soit une énergie de 960 joules, ou 480 joules par quadriceps, le muscle opérant.

La différence par rapport aux 850 joules évoqués plus haut s'explique par la nature différente de l'effort du muscle, bref pour le saut, plus long lors du soulèvement d'un poids : comme il n'y a pas de charge, le sauteur n'exerce pas une force maximale tout au long de son mouvement. Aussi, dans la suite, nous adopterons la valeur de 500 joules par quadriceps pour estimer les performances des sprinteurs et des sauteurs, et nous considérerons que les athlètes dépensent cette énergie à chaque foulée d'un sprint ou d'une course d'élan.



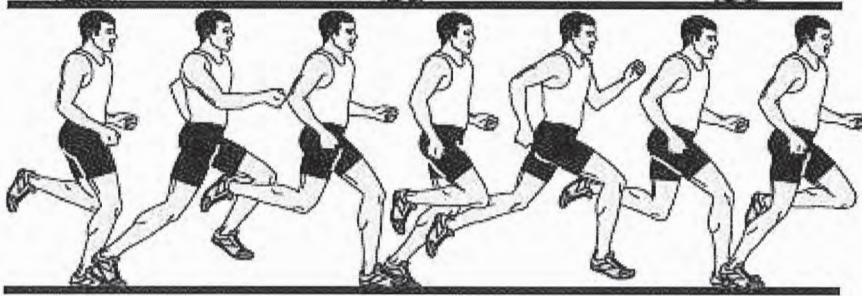
1. En haltérophilie, dans l'arraché, les muscles des cuisses font presque « tout le travail » : l'athlète soulève le poids en se redressant d'un coup et lui communique ce faisant assez de vitesse (flèche rouge) pour que le poids s'élève encore pendant qu'il s'abaisse et se place en dessous de la barre.

Posture de Bruno Vacare

ANNEXE 3.5 – La performance en sprint.

Document 1. : Kinogramme d'une course à pied

Source : Leboeuf F., Achard de Leluardière F., Lacouture P., Duboy J., Leplanquais F., Junqua A. Etude biomécanique de la course à pied. EMC - Elsevier SAS, Paris - Podologie, 27-020-A-20, 2006



Document 2. Les secrets physiques d'Usain Bolt. **Source** : Jean-Michel Bader, 2009

Aux JO de Pékin, il y a un an jour pour jour, Usain Bolt avait déjà battu le record du 100 m en 9"69. Cette fois, en le portant à 9"58 lors de la finale des Mondiaux à Berlin, il a franchi une nouvelle barrière. (...) Les limites sont, elles, biochimiques et biomécaniques. Il y a la résistance de l'air, les frottements articulaires et musculaires dans la phase de prise de vitesse, le contact avec le sol, impact violent où muscles, tendons et cartilages sont soumis à rude épreuve. Il y a, aussi, l'alimentation optimale du muscle en énergie pour lutter contre la dégradation gestuelle et la décélération une fois la vitesse maximale atteinte. Ce qui pousse certains scientifiques à placer le mur à 9,4 secondes. Les quadriceps des sprinteurs - les muscles les plus volumineux du corps humain - situés sur le dessus de la cuisse (reliant le haut du fémur au genou et au tibia) contiennent une majorité de fibres musculaires rapides. Très sensibles à la fatigue mais très puissantes, elles sont capables, comme des moteurs de course, de transformer l'énergie en mouvement et en chaleur. (...) La grande foulée de Bolt, (...), est servie par une ossature de grande envergure : c'est lui qui a les plus grands segments de membres de tout le sprint moderne. La limite, c'est la vitesse de retour du pied vers l'avant, double de la vitesse du coureur. (...)

Document 3. Distribution des masses segmentaires. **Source** : ouvrage spécialisé

Segment corporel	Main	Avant-bras	Bras	Tête et tronc	Cuisse	Jambe	Pied
Masse exprimée en pourcentage du corps entier	0,5	1,5	3	56	10	5	2

ANNEXE 3.6 – Les dégagements du ballon rond *Source* : La physique surprise, Jean-Michel Courty et Edouard Kierlik

(...) En vol, le ballon (de football) est soumis à deux forces : son poids et la force exercée par l'air. Le poids du ballon, pour une masse de 450 grammes, est de 4,4 newtons et dirigé vers le bas. La force aérodynamique est plus complexe. Cette force est composée d'une force de traînée, de sens opposé à la vitesse du ballon, et d'une force perpendiculaire, qui dépend de la rotation du ballon sur lui-même, des aspérités de sa surface, etc. On laissera ici de côté cette force latérale, qui explique les coups francs légendaires de Michel Platini ou de Roberto Carlos, mais qui a peu d'effets pour les coups de pied ordinaires.

Les forces en action : le poids et la traînée

Par ailleurs, aux vitesses où vole le ballon (quelques mètres à dizaines de mètres par seconde), la traînée est proportionnelle au carré de la vitesse. Toutefois, en raison d'un changement de nature de la turbulence de l'air autour du projectile, le coefficient de proportionnalité chute de plus d'un facteur trois quand la vitesse passe de 10 à 15 mètres par seconde. Ainsi, pour une vitesse de 10 mètres par seconde, la traînée vaut environ 1,1 newton, soit un quart du poids du ballon ; pour 20 mètres par seconde, elle a à peine augmenté, à 1,5 newton. La traînée ne devient égale au poids que pour une vitesse d'un peu plus de 30 mètres par seconde. (...)

Des trajectoires caractéristiques

Malheureusement, on ne peut pas obtenir de formules explicites décrivant la trajectoire d'un projectile soumis à son poids et à un frottement proportionnel au carré de la vitesse. Il est bien sûr possible d'effectuer une étude numérique. Mais on peut aussi analyser des situations plus simples : le cas où la pesanteur est négligeable devant la traînée, (...).

Commençons par un projectile soumis uniquement à la traînée. On sait résoudre les équations du mouvement et obtenir l'expression de la vitesse en fonction du temps, mais il est plus intéressant de lier vitesse et distance parcourue. Le résultat est remarquable : la vitesse décroît exponentiellement avec la distance. Cette décroissance s'effectue sur une longueur caractéristique, que l'on peut interpréter comme la longueur pour laquelle la masse d'air contenue dans le volume balayé par le ballon au cours de son mouvement est égale à la masse du ballon (à un coefficient numérique près). Cela traduit le fait que, en vol, le ballon rend turbulent l'air à travers lequel il se fraie un chemin. Aussi, comme la vitesse des turbulences est a priori proportionnelle à la vitesse du ballon, l'énergie cinétique déposée dans ces turbulences par unité de distance parcourue est proportionnelle à l'énergie cinétique du ballon. C'est l'origine de la décroissance exponentielle de la vitesse.

Pour un ballon de football, la longueur caractéristique de décroissance de la vitesse est justement de l'ordre de 100 mètres, à peu près la taille du terrain. On peut faire le même constat du ping-pong au golf, en passant par le basket-ball, le volley-ball ou le base-ball : la taille du terrain de jeu correspond à la distance caractéristique de freinage de la balle utilisée.

ANNEXE 3.7 – Lactate et exercice : mythes et réalités.

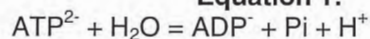
Extrait d'un article par Cazorla G., Petitbois C., Bosquet L et Léger L. : Lactate et exercice, mythes et réalités, STAPS, 54 : 63-76

PREMIERE PARTIE

ACIDE LACTIQUE OU LACTATE, QUELLE DIFFÉRENCE ?

Lors de la contraction musculaire, la formation et la rupture répétées des pontages de l'actine et de la myosine requièrent de l'énergie ; celle-ci est libérée par l'hydrolyse de l'ATP (équation 1) présent en quantité très limitée dans le muscle (environ 4 à 6 mmol/kg de muscle), à peine de quoi réaliser un départ de sprint !

Equation 1:



+ énergie (de 30,5 kJ/mol dans les conditions standard à 50 kJ/mol dans les conditions cellulaires)

ATP²⁻ : adénosine triphosphate ; ADP⁻ : adénosine diphosphate ; Pi : phosphate inorganique.

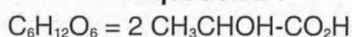
On remarque la formation d'un proton H^+ par ATP hydrolysé.

Poursuivre un exercice musculaire nécessite donc la synthèse des molécules d'ATP à mesure qu'elles sont hydrolysées. Ceci est réalisé au sein des voies métaboliques : l'hydrolyse de la créatine phosphate, la glycolyse (catabolisme du glucose) et la glycogénolyse (catabolisme du glycogène) qui se déroulent dans le cytosol sans utiliser directement de l'oxygène et enfin les phosphorylations oxydatives qui ont lieu dans les mitochondries.

Lors d'exercices intenses et de courte durée (ex : 100, 200, 400 m sprint), fortement sollicitée, la glycogénolyse anaérobie permet la synthèse de trois ATP nets à partir d'une molécule de glycogène et forme deux molécules de lactate.

In vitro, en l'absence d'oxygène et par fermentation, une mole de glucose est transformée en deux moles d'acide lactique avec une libération d'énergie de 197 kJ/mole (équation 2). Au pH intramusculaire (qui peut varier entre 7,05 et 6,1), la molécule d'acide lactique dont la constante de dissociation (pKa) est assez faible (3,86), est entièrement dissociée en un proton (H^+) et en un anion : le lactate (équation 3).

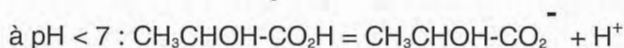
Equation 2 :



Glucose

Acide lactique

Equation 3 :



Comme les protons sont en partie captés par les divers tampons cellulaires (composés phosphates, protéines, acides aminés) et sanguins (protéines plasmatiques, hémoglobine, bicarbonate ...) le pH ne varie que très peu malgré de fortes sollicitations de la glycogénolyse.

En conclusion, s'agissant de l'exercice musculaire, il est plus exact de parler de lactate que d'acide lactique et de souligner que le lactate n'est rien de plus que le témoin d'une production d'ATP par la glycogénolyse ou/et la glycolyse. Il s'agit même d'un témoin grossier puisque le lactate présent dans le muscle ou dans le sang représente ce qui reste de sa production, une fois éliminée la partie métabolisée lors de processus concomitants (voir question suivante).

Plus la concentration de lactate est importante, plus de molécules d'ATP ont été synthétisées et donc plus intense a été le travail musculaire. C'est ainsi que Lacour et coll. (1990) montrent une forte corrélation entre la lactatémie et la performance au 400 m course. Ce n'est pas un hasard non plus si le guépard qui peut courir à 100 km/h est un très gros producteur de lactate et si dans les exercices courts (de 10 s à 5 min), les athlètes qui réussissent le mieux, sont ceux qui produisent le plus de lactate (Lacour et coll.1990) et par conséquent, fournissent à leurs muscles le plus d'énergie par unité de temps par la voie de la glycogénolyse. Ceci résulte de la vitesse de resynthèse de l'ATP par la glycogénolyse qui est beaucoup plus rapide que celle de la phosphorylation oxydative et peut être activée en quelques secondes seulement (Brooks et al., 1996, Spriet et al., 2000). La glycogénolyse anaérobie permet donc à l'organisme de s'adapter aux situations nécessitant un ajustement rapide et important de la dépense énergétique. Hultman et al. (1991) ont, en effet, pu observer une augmentation très significative de la lactatémie déjà après 6 secondes d'exercice, alors que la production d'ATP par voie aérobie requiert plusieurs minutes pour s'ajuster à l'augmentation soudaine de la demande énergétique.

DEUXIEME PARTIE

Parce que la glycolyse ou la glycogénolyse ne permettent la synthèse que de deux ou trois ATP et s'accompagnent d'une production de lactate, on souligne souvent leur mauvais rendement énergétique et on accuse le lactate de tous les maux musculaires imaginables : fatigue, crampes, douleurs retardées. Qu'en est-il exactement ?

EST-CE L'ACCUMULATION DE LACTATE QUI ENTRAÎNE LA FATIGUE ?

Qui n'a pas incriminé l'acide lactique comme responsable de la tétanisation musculaire et des membres inférieurs qui se dérobernt après un exercice violent comme une course de 400 m ? L'habitude de parler de l'acide lactique vient de sa référence à la glycolyse in vitro ou bien de la

concomitance habituelle de la production de protons H^+ et d'anions lactate in vivo. C'est la concentration en protons et non la concentration en lactate qui intervient dans les modifications acido-basiques et les perturbations homéostatiques à l'origine (...peut-être) de la fatigue (...) et nous savons que la part la plus importante de ces derniers est issue de l'hydrolyse de l'ATP (équation 1) et non de la glycolyse et de la glycogénolyse dont l'absence totale pour la première ou la faible capacité de réabsorption protonique pour la seconde, leur confère la propriété acidifiante à laquelle on se réfère pour tenter d'expliquer les phénomènes de fatigue musculaire (Caillier et coll., 1996). La vitesse d'accumulation des protons est une fonction directe du niveau d'activation de la glycolyse (Gollnick et Coll., 1974) et donc de l'intensité d'exercice et du recrutement progressif des fibres rapides FT (Helal et Coll., 1987, Donovan et Pagliassotti, 2000). L'acidose métabolique qui en résulte est considérée par de nombreux auteurs comme le principal facteur de fatigue et d'arrêt de l'exercice intense et de courte durée : 30 s. à 5 min. (Sahlin, 1991). Diverses hypothèses sont proposées pour expliquer la fatigue musculaire. Le modèle élaboré par Hermansen (1977) qui en synthétise les principales est actuellement le plus souvent cité. Selon ce modèle, in vitro, l'accumulation de protons H^+ entraîne une baisse importante du pH cellulaire (7 à 6) qui inhibe l'activité de l'enzyme régulatrice de la glycolyse : la phosphofructokinase ou PFK (Dobson et coll., 1986). Cette inhibition entraînerait l'arrêt de la glycolyse et en conséquence l'arrêt de la synthèse de l'ATP (Hermansen, 1981 ; Sahlin, 1986), donc une baisse de la force contractile, synonyme d'incapacité fonctionnelle. Toujours in vitro, les protons entreraient en compétition avec les ions calcium, les empêchant d'interagir avec les sites calciques de la troponine (Hermansen, 1981 ; Inesi et Hill, 1983 ; Metzer et Fitts, 1987). Dans ces conditions, la levée de l'inhibition exercée au repos par le complexe troponine-tropomyosine sur la formation des ponts d'actomyosine ne pourrait être réalisée : la contraction musculaire ne pourrait donc avoir lieu. Ces deux causes possibles de la baisse fonctionnelle liées à l'accumulation protonique H^+ , donc à la chute du pH, ne résistent cependant pas aux données expérimentales in vivo.

Par ailleurs, concernant la compétition des protons avec les ions calcium, deux études récentes (Sahlin et Ren, 1989 ; Arnold et coll., 1994) jettent actuellement un sérieux doute sur le bien-fondé des résultats obtenus in vitro pour tenter d'expliquer la baisse de la tension musculaire concomitante d'une chute du pH ! Deux à trois minutes de repos suffisent pour que le muscle puisse recouvrer sa capacité fonctionnelle après arrêt par épuisement consécutif à un exercice intense ayant entraîné une importante chute du pH (Sahlin et Ren, 1989). Or, le suivi des variations du pH utilisant la résonance magnétique nucléaire montrent que 10 minutes sont nécessaires pour retrouver sa valeur de repos (Arnold et coll., 1994).

En conséquence, bien que l'acidose soit concomitante de la fatigue musculaire et de l'incapacité fonctionnelle, ces données expérimentales semblent indiquer qu'il n'y a pas de relation de cause à effet entre la chute du pH et la baisse de la force contractile.

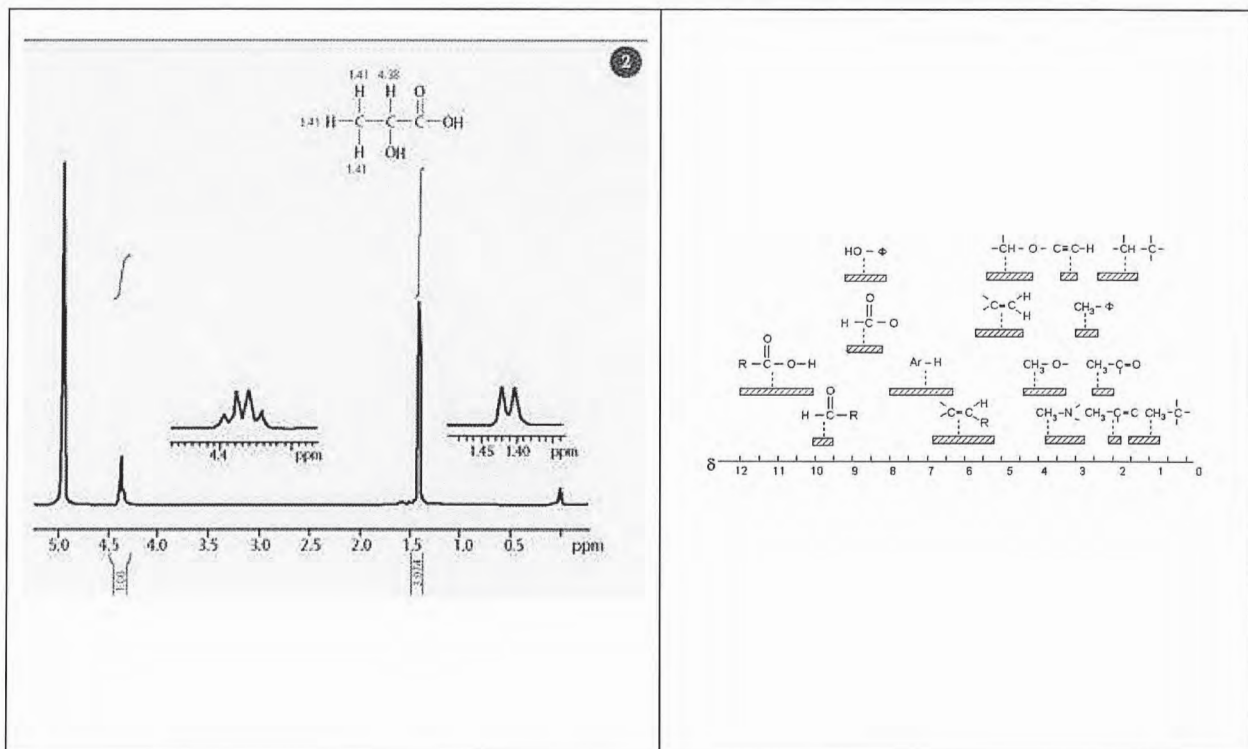
EST-CE L'ACCUMULATION DE LACTATE QUI DONNE DES CRAMPES ?

Des crampes peuvent survenir en même temps qu'une forte accumulation de lactate, mais si une relation de cause à effet existait, il faudrait que chaque fois qu'il y a accumulation lactique, il y ait crampe. Ceci n'est heureusement pas le cas dans les activités physiques à forte production de lactate, comme les courses de 400, 800 et 1500 m, le 100 et le 200 m nage ou le kilomètre et le 5 kilomètres en cyclisme. Pourtant, on y relève souvent des lactatémies de 20 à 25 $mmol.L^{-1}$, sans que les sportifs se plaignent de crampes. Inversement, dans de nombreux sports à faible accumulation de lactate comme le football ou les courses de longues distances (semi-marathon, marathon), il n'est pas rare que les athlètes développent des crampes.

En conséquence, la crampe n'a aucune relation, ni de près, ni de loin, avec l'accumulation de lactate. Phénomène mal connu, la crampe résulte probablement d'une hyperexcitabilité neuromusculaire due elle-même à des déséquilibres hydrominéreaux, soit par déshydratation, soit par carences minérales.

ANNEXE 3.8 – Acide lactique et spectre RMN du proton

D'après <http://www.rsc.org/Membership/index.asp> et <http://www.ac-nancy-metz.fr>.



ANNEXE 3.9 – La détection des bulles circulantes.

Document 1 : Extrait de la notice du détecteur de bulles Doppler commercialisé par Aqualab System.

Ces dernières années ont vu croître l'intérêt de la communauté scientifique à l'égard de la détection ultrasonore Doppler des bulles circulantes. Cette technique est devenue maintenant indispensable à l'amélioration de la sécurité en plongée professionnelle et sportive en permettant une évaluation plus précise des tables de décompression. En effet, il est maintenant établi de façon formelle que ce sont bien des bulles de gaz apparaissant au cours de la décompression (c'est à dire au cours de la remontée et dans les heures qui suivent le retour du plongeur à la surface) qui génèrent les accidents de décompression.

Si la détection des bulles circulantes ne permet pas de faire un diagnostic ; en revanche, on peut être certain que la sécurité du plongeur est d'autant plus grande que le degré de bulles détectées est moindre.

Deux conditions s'avèrent cependant indispensables (...) :

1. la première, que les bulles détectées par ce type d'appareillage soient circulantes et d'une certaine taille (de 30 à 50 μm)
2. la seconde, que le personnel appelé à interpréter le signal reçu et/ou enregistré ait suivi un entraînement minimum.

Son fonctionnement, basé sur la réflexion de faisceaux d'ultrasons selon le principe du sonar, utilise l'effet Doppler pour détecter des bulles dans le sang circulant. Alors que les structures anatomiques fixes réfléchissent les ultrasons sans changement de fréquence, les éléments mobiles comme les globules du sang ou comme les bulles, réfléchissent ces mêmes ultrasons avec un changement de fréquence appelé effet Doppler. La modulation résultante est alors identifiée par l'appareil, le signal perçu étant d'autant plus aigu que la vitesse des éléments est grande.(...)

La sonde à ultrasons comprend deux pastilles piézoélectriques, l'une émettrice, l'autre réceptrice. Leurs axes respectifs font un angle de 12°, de telle façon que les faisceaux émis et réfléchis se croisent dans une zone sous cutanée située entre 4 et 7 cm de profondeur.(...)

Une fois le détecteur de bulles prêt à être utilisé, enduire de gel les pastilles de la sonde avant de l'appliquer sur la peau dans la région précordiale ; la position optimale variant selon les sujets.(...)

Puissance acoustique : 100 mW Fréquence d'utilisation : 5 MHz

Document 2 : Physique des ultrasons

Source : Revel MP. Physique des Ultrasons. Encycl. Méd. Chir ; (Elsevier, Paris), Radiodiagnostic – Principes et techniques d'imagerie, 35-000-C-10, 1999, 14 p.

Lorsque le faisceau d'ultrasons parvient à une interface, il peut la franchir ou être réfléchi.(...)

Réflexion et transmission s'observent pour des interfaces de grande taille par rapport à la longueur d'onde du faisceau. Si l'interface est de petite taille, l'onde ultrasonore diffuse dans tout le milieu de propagation, au lieu d'être réfléchi et transmise.

Pour une interface abordée perpendiculairement, les fractions réfléchi et transmise sont liées à la variation d'impédance par les relations suivantes :

- Coefficient de réflexion R : $R = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}\right)^2$
- Coefficient de transmission T : $T = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2}$

L'intensité des ondes I (en W /m²) diminue progressivement au cours de la traversée des tissus. L'atténuation en décibels s'écrit $10 \cdot \log(I/I_0)$ où I₀ est l'intensité initiale.

Du fait des réflexions successives, de la diffusion et de l'absorption, l'onde ultrasonore s'atténue progressivement en profondeur. L'atténuation augmente en valeur absolue de façon linéaire avec la fréquence de la sonde ; la profondeur d'exploration est de ce fait limitée avec les sondes de haute fréquence. L'ordre de grandeur de l'atténuation est de -1 dB/MHz/cm.

Document 3 : Données

Célérité du son dans l'air : 330 m/s

Célérité moyenne du son dans les tissus mous : 1540 m/s

Milieu	Impédance acoustique (unité SI)
Air	440
Graisse	$1,4 \times 10^6$
Eau	$1,5 \times 10^6$

Nom :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénom :

N° d'inscription : **Né(e) le :** / /
(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

Concours	Section/Option	Epreuve	Matière
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

EBE PHC 2

**DOCUMENT A1
 (à rendre avec la copie)**

Document A1. Un extrait de copie d'élève.

Exercice 11

1) 1) Les vitesses sont définies dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

$$1) 2) E_m = E_{c_A} + E_{c_B} \quad \text{avec } E_A = \frac{1}{2} m_A v_A^2 \\ = \frac{1}{2} \times 115 \times 5^2 \\ = 3637,5$$

$$\text{et } E_B = \frac{1}{2} m_B v_B^2 \\ = \frac{1}{2} \times 110 \times 0^2 \\ = 0$$

$$E_m = E_{c_A} = 3637,5 \text{ J}$$

Dans le système isolé, le joueur B joue le rôle d'un travail résistant.

$$m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{g} = \vec{a}$$

Or \vec{g} a un sens vers le bas. Donc par projection.

$$\vec{a} = -g \vec{j}$$

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

2) 1) 2) On a les coordonnées du vecteur accélération du point M de l'allen:

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

$$\text{Or } \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad \text{donc par primitive } \boxed{N^0}$$

A118

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = C_x \\ v_y = -gt + C_y \end{cases}$$

Au conditions initiales à $t=0$:

$$\begin{aligned} C_x &= V_0 \cos \alpha \\ C_y &= V_0 \sin \alpha \\ x_0 &= 0 \\ y_0 &= 0 \end{aligned}$$

$$\text{Donc: } \begin{cases} v_x = V_0 \cos \alpha \\ v_y = -gt + V_0 \sin \alpha \end{cases}$$

Or, $\vec{v} = \frac{d(\vec{OM})}{dt}$; donc par primitive:

$$\vec{OM} \rightarrow \begin{cases} x(t) = (V_0 \cos \alpha) t + x_0 \\ y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + (V_0 \sin \alpha) t + y_0 \end{cases}$$

Alors $\vec{OM} \rightarrow \begin{cases} x(t) = (V_0 \cos \alpha) t \\ y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + (V_0 \sin \alpha) t \end{cases}$

2) 1) 3) Or on a $x(t) = (V_0 \cos \alpha) t$

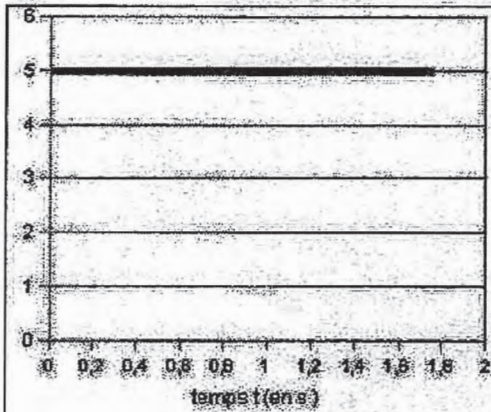
$$\text{Donc } t = \frac{x}{(V_0 \cos \alpha)}$$

On remplace t dans y :

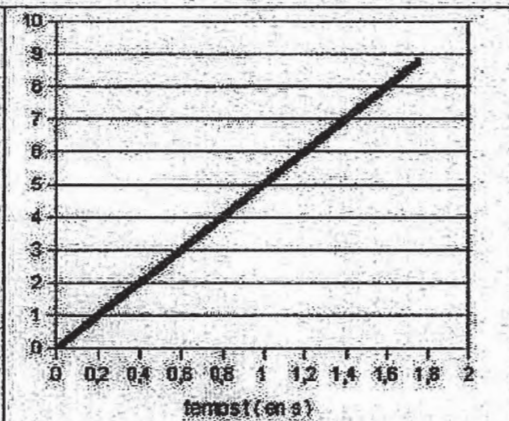
$$y(x) = -\frac{1}{2} g \left(\frac{x}{V_0 \cos \alpha} \right)^2 + (V_0 \sin \alpha) \left(\frac{x}{V_0 \cos \alpha} \right) N^{\circ}$$

EXERCICE II : LE RUGBY, SPORT DE CONTACT ET D'ÉVITEMENT

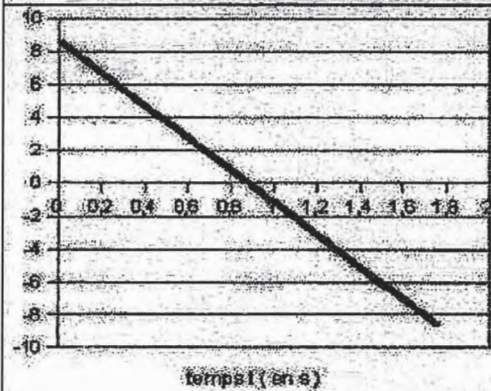
Tableau rassemblant les représentations graphiques de l'évolution dans le temps des grandeurs x , y , v_x et v_y .



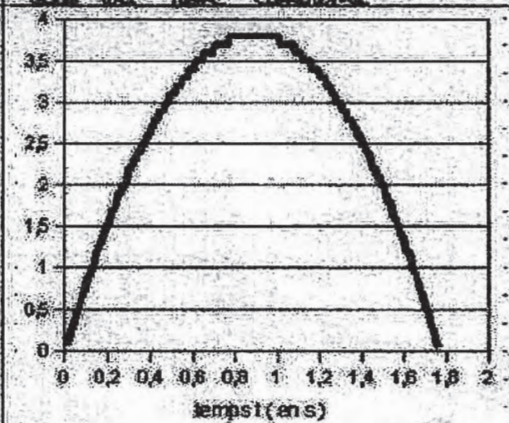
Equation: $v_x = v_0 \cos \alpha$
 $= 10 \times \cos 60 = 5$
 Justification: Les frottements étant négligeables, la vitesse de M reste la même. L'équation indique une vitesse constante. La courbe aussi.



Equation: $x(t) = (v_0 \cos \alpha) t$
 Justification: En fonction du temps, l'abscisse de M ne fait qu'augmenter car il n'y a pas de frottements. La courbe ne fait que monter constamment. Elle est donc concave.



Equation: $v_y = v_0 \sin \alpha$
 $= 10 \times \sin 60 \approx 8,6$
 Justification: A cause de la présence de la gravité, la vitesse de M selon y va diminuer constamment en fonction du temps. Le graphique est donc concave.



Equation: $y(t) = -\frac{1}{2} g t^2$
 Justification: La gravité va faire en sorte que, une fois que M arrive à sa hauteur maximale, qu'elle descende à la même vitesse car il n'y a pas de frottements.