ROYAUME DU MAROC
UNIVERSITÉ MOHAMMED PREMIER
FACULTÉ PLURIDISCIPLINAIRE DE NADOR
DEPARTEMENT BIOLOGIE-GEOLOGIE

Filière: Sciences de la Vie

Parcours: **Biologie et Environnement**

Module: **Physiologie Animale**

Semestre 4

POLYCOPIE DES TRAVAUX DIRIGES de Physiologie Animale

Pr. Abdelmajid MOUMEN

Année universitaire: 2019 – 2020

Série 1: (Milieu Intérieur)

I/ MESURES DES COMPARTIMENTS LIQUIDIENS DE L'ORGANISME

EXERCICE 1:

On injecte à un animal 8 mg d'hématies marquées au chrome radioactif.
Après homogénéisation, on prélève un échantillon de sang. La concentration mesurée d'hématies est C = 0,5 mg/ml. D'autre part, la mesure de l'hématocrite donne une valeur de 45 %. Calculer le volume sanguin total et le volume plasmatique.

EXERCICE 2 :

On injecte 14 mg d'inuline à un animal d'expérience. Après homogénéisation, on prélève un échantillon de sang. La concentration plasmatique d'inuline est C = 0,5 mg/ml. On recueille une quantité totale d'urines égale à 100 ml. La concentration d'inuline dans les urines est de 0,03 mg/ml. 1)- Calculer le volume extracellulaire. 2)- Sachant que le volume sanguin est de 16 ml et l'hématocrite de 46%, déterminer le volume interstitiel.

EXERCICE 3:

Un homme normal pesant 90 kg reçoit une injection intraveineuse de 100 ml d'eau lourde (D_2O) préparée en solution saline isotonique. Après une période d'équilibration de 2 heures, un échantillon sanguin est prélevé. La concentration plasmatique de D_2O est de 0,2 ml %. Les pertes urinaires, respiratoires et cutanées sont en moyenne de 0,4 % de la dose injectée. Calculer le volume d'eau corporelle totale. Exprimer ce volume en % par rapport au poids de l'individu.

II/ CALCULS D'OSMOLARITÉ

EXERCICE 1 :

On donne les concentrations pondérales des substances suivantes (Tableau). Calculer les concentrations molaires, ioniques et osmotiques.

	Glucose	NaCl	$CaCl_2$
Conc. pondérale (g/l)	42	8,5	15
Poids moléculaire			
Conc. molaire (M/l)			
Conc. Ionique (Eq/l)			
Conc. Osmotique (Osm/l)			

EXERCICE 2 :

On donne les concentrations pondérales des substances suivantes dans le plasma humain (Tableau). Calculer les concentrations molaires, ioniques et osmotiques.

	Conc. pondérale (g/l)	Conc. molaire (mM/l)	Conc. ionique (mEq/l)	Conc. osmotique (mosm/l)
Na+	3,27			
K^+	0,20			
Ca^{++}	0,10			
Mg^{++}	0,04			
Glucose	0,85			

***/ Masses atomiques:** H = 1; C = 12; O = 16; K = 39; Na = 23; Ca = 40; Cl = 35,5; Mg = 24,3 ; P = 31.

Série 2: (Milieu Intérieur)

EQUILIBRE ACIDO-BASIQUE

EXERCICE 1:

Le pH du sang artériel normal est de 7,41. Quelle est sa concentration en ions hydrogène?

EXERCICE 2 :

Une augmentation de 25 nanomoles/l (nM/l) de la concentration en ions H^+ est parfois observée, mais une réduction de 25 nM/l est incompatible avec la vie. Quels sont les pH correspondants?

EXERCICE 3 :

Les valeurs extrêmes du pH du sang artériel sont 7,0 et 7,8. Calculer et faire le Tabeau des concentrations en ions H^+ correspondant à ces limites et aux valeurs intermédiaires de 0,10 en 0,10 unité de pH.

Série 3: (Electrophysiologie de l'Axone)

Exercice 1.

a) Quelles sont les deux types de cellules constituant le système nerveux ?
b) Pourquoi les potentiels d'action ne peuvent-ils pas être modulés en amplitude ? Quel type de modulation permet-elle de leur donner une signification ?
c) A quoi est due la période réfractaire qui suit le potentiel d'action ?
d) Un récepteur-canal cholinergique nicotinique n'est perméable qu'aux ions Na^+ et K^+. Les concentrations extracellulaire et intracellulaire sont respectivement de 155 et 18 mM pour Na^+ et 4 et 154 mM pour K^+. **d1)** Calculez le potentiel d'équilibre des ions K^+ et des ions Na^+. **d2)** Décrivez les variations en fonction du voltage des courants synaptiques que l'on peut enregistrer sur une telle synapse en conditions de voltage imposé.
On donne: R = 8,32 J/Mol/°K; T = 25°C, F = 96500 C.

Exercice 2.

a) La fibre nerveuse obéit à la loi de tout ou rien. Définissez cette loi et essayez d'éclaircir les mécanismes qui sont à son origine.
b) Comment Le potentiel d'action de l'axone est transmis sur la cellule musculaire?
c) Dessiner un PA au niveau d'un axone et analyser ses différentes phases?
d) Donner le sens de propagation des signaux nerveux dans les dendrites et dans l'axone?
e) Quelle est la différence entre stimulation infraliminaire et stimulation supraliminaire?
f) Quelle est la différence entre canal ionique de type VOC et canal ionique de type ROC?

Exercice 3.

Relation entre diamètre et vitesse de conduction

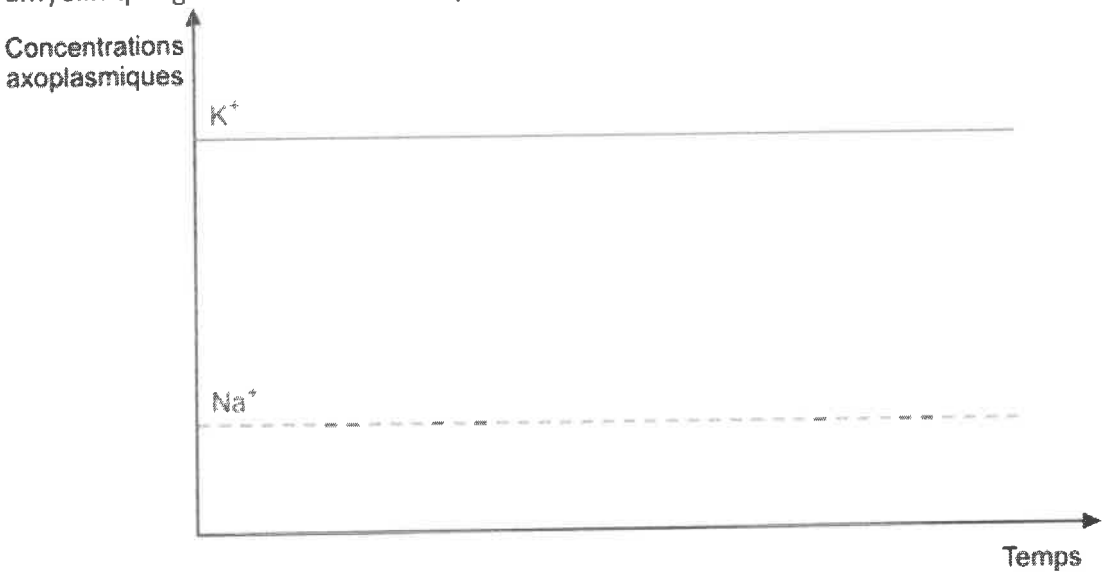
classe de fibre	diamètre (µm)	vitesse (m/sec)	vitesse/diamètre
axones (type 1)	20 12 5	120 70 30	
axones (type 2)	1,5 1,0	2 1,3	
muscle squelettique	50	6	
muscle cardiaque	15	0,5	
muscle lisse	5	0,05	

a) Calculer le rapport de la vitesse de conduction sur le diamètre, pour chaque fibre. Comment varie la vitesse de conduction en fonction du diamètre ?
b) Comparer les résultats obtenus pour les axones de type 1 avec ceux obtenus pour les axones de type 2. Comment peut-on expliquer les résultats observés?

c) L'axone géant de calmar a un diamètre de 500 µm, et une vitesse de conduction de 50 m/sec. Si l'on suppose que la vitesse de conduction est directement proportionnelle au diamètre, quelle serait la vitesse de conduction d'une fibre nerveuse de 10 µm de diamètre?

Exercice 4:

On mesure les concentrations axoplasmiques de sodium et de potassium d'un axone amyélinique géant de calmar au repos.



a) Quelles remarques pouvez-vous faire sur ces concentrations?

b) Sachant que les concentrations de K^+ extracellulaire et de K^+ intracellulaire sont respectivement de 20 et 400 mmol.l^{-1}, calculez le potentiel d'équilibre pour cet ion à 20 °C.

c) On mesure alors le potentiel de repos de cette fibre in situ qui est de – 77 mV. Pourquoi cette valeur est-elle différente de celle que vous venez de calculer?

d) Le même potentiel enregistré in vitro est de – 68 mV. Comment expliquez-vous cet écart de quelques millivolts?

Série 4: (Endocrinologie)

Question 1:

Les cellules endocrines sécrètent-elles des hormones :

- en permanence,
- de temps en temps,
- rythmiquement,
- sous l'effet de stimulation?

Question 2:

Les hormones libérées dans tout l'organisme, agissent-elles que sur certains tissus?

Question 3:

Les effets de l'insuline sont :

- une élévation de la glycémie,
- une baisse de la glycémie,
- un maintien de la glycémie?

Question 4:

Si toutes les connexions nerveuses entre l'hypothalamus et l'hypophyse sont lésées, quelles seront les hormones dont la sécrétion sera modifiée? Quelles hormones hypophysaires ne seront pas touchées?

Question 5:

Schématiser les effets d'une augmentation de l'ingestion de potassium sur la sécrétion de l'aldostérone?

Question 6:

Quels sont les effets d'une transpiration abondante sur la quantité d'eau et de Na^+ intracellulaire?

Série 5: (Physiologie du Muscle)

Exercice 1.

1. De quoi est constitué le tissu musculaire strié squelettique ?

2. Quel est le pourcentage de la masse corporelle représenté par la masse musculaire ?

3. Quelles sont les caractéristiques des fibres I, dites lentes ?

4. Quelles sont les caractéristiques des fibres II, dites rapides ?

Exercice 2.

1- Quels sont les trois types de muscles ? Où les rencontre-t-on ?

2- Quelle est la disposition du réticulum sarcoplasmique dans les fibres musculaires striées ?

3- Comment sont disposées les molécules de myosine dans les filaments épais ?

4- Quelles sont les protéines régulatrices associées à l'actine dans les filaments fins ?

5- Quelle est l'origine du calcium nécessaire pour le déclenchement de la contraction du muscle squelettique ? Qu'en est-il pour le muscle cardiaque ?

6- Quel est le rôle de calmoduline dans la contraction du muscle lisse ?

EX1 :

$$V_s = \frac{\text{Masse injectée}}{\text{Concentration}} = \frac{8\,mg}{0{,}5\,mg/ml} = 16\,ml$$

$$V_p = V_s(1-h) = 16\,ml\,(1-0{,}45) = 8{,}8\,ml$$

EX2 :

$[\text{inuline}]_{urine} = 0{,}03\,mg/ml$

Qté totale d'urine recueillie = 100 ml

$$\left.\begin{array}{l} 0{,}03\,mg \longrightarrow ml \\ x \longrightarrow 100\,ml \end{array}\right\} x = \frac{100 \times 0{,}03}{1}\,\frac{mg.ml}{ml} = 3\,mg$$

Quantité excrétée d'inuline $= 0{,}03\,mg/ml \times 100\,ml = 3\,mg$

$$V_{extracellulaire} = \frac{M(\text{injectée}) - M(\text{excrétée})}{C_{pl}} = \frac{14\,mg - 3\,mg}{0{,}5\,mg/ml} = 22\,ml$$

$$V_{interst} = V_{extracellulaire} - V_p$$

$$V_p = V_s(1-h) = 16\,ml\,(1-0{,}46) = 8{,}64\,ml$$

$$\Rightarrow V_{interst} = 22\,ml - 8{,}64\,ml \simeq 13{,}36\,ml$$

EX3 :

Concentration plasmatique de D_2O = 0,2 ml% = 0,2 ml/100 ml de plasma

= 0,002 ml/ml de plasma

Perte : 0,4% de la dose injectée

$\Rightarrow$ Perte = 0,4 ml

$$V_{total} = \frac{M(\text{injectée}) - M(\text{perdue})}{C_{pl}} = \frac{100\,ml - 0{,}4\,ml}{0{,}002\,ml/ml} = 49800\,ml = 49{,}8\,l$$

en % $\Rightarrow \frac{49{,}8\,l}{90\,kg} \times 100 \simeq 55{,}3\%$

III - Calculs des concentrations molaires, ioniques et osmotiques.

Déf :

"1 solution unimolaire (1M/l) d'une substance non dissociée ionique exerce une pression osmotique de 1 osm/l

Concentration molaire (M/l) = $\frac{\text{concentration pondérale (g/l)}}{\text{poids moléculaire}}$

- Concentration ionique d'une substance (Eq/l) = Concentration molaire (M/l) x somme des valence des particules

Concentration osmotique d'une substance (Osm/l) = Concentration molaire (M/l) x nombre de particules dissociées de la substance

EX1 :

	Glucose ($C_6H_{12}O_6$)	$NaCl^-$	$CaCl_2^-$
Conc. pondérale (g/l)	42	8,5	15
Poids moléculaire	180	58,5	111
Conc. molaire (M/l)	0,23	0,15	0,14
Conc. ionique (Eq/l)	0	0,30	0,56 (++;2(-))
Conc. osmotique (Osm/l)	0,23	0,30	0,42 (a.d.d)

EX2 :

	Conc. pondérale (g/l)	Conc. molaire (mM/l)	Conc. ionique (mEq/l)	Conc. osmotique (mOsm/l)
Na^+	3,27	142	142	142
K^+	0,20	5,1	5,1	5,1
Ca^{++}	0,10	2,5	5	2,5
Mg^{++}	0,04	1,6	3,2	1,6
Glucose	0,85	4,7	0	4,7

Exercice 3 :

$pH = 7{,}41 = \log \frac{1}{[H^+]} \Rightarrow \frac{1}{[H^+]} = 10^{7{,}41} \simeq 25703958$

$\Rightarrow [H^+] = \frac{1}{25703958} \simeq 38{,}9 \cdot 10^{-9}\ M/l = 38{,}9\ nM/l$ (nanomols/l)

Exercice 4 :

pH	$[H^+]$ (nM/l)
7,0	100
7,1	79,4
7,2	63,0
7,3	50,1
7,4	39,8
7,5	31,6
7,6	25,1
7,7	19,9
7,8	15,8

Exercice 5 :

- Addition de 25 nM d'H+/l

$[H^+] = 38{,}9\ nM/l + 25\ nM/l = 63{,}9\ nM/l = 63{,}9\ 10^{-9}\ M/l$

$pH = \log \frac{1}{[H^+]} = \log \frac{1}{63{,}9 \cdot 10^{-9}} \simeq 7{,}19$

- Soustraction de 25 nM d'H+/l :

$[H^+] = 38{,}9 - 25 = 13{,}9\ nM/l = 13{,}9\ 10^{-9}\ M/l$

$pH = \log \frac{1}{13{,}9\ 10^{-9}} \simeq 7{,}85$

REPONSE TD N° 1

Physiologie Animale, SVI, S4

Electrophysiologie de l'axone

Exercice 1.

a) les neurones et les cellules gliales.

b) Parce qu'ils obéissent à la loi de tout ou rien et sont donc tous de même amplitude dans des conditions données. Ils peuvent par contre être modulés en fréquence.

c) La période réfractaire suivant le PA est due à une inexcitabilité temporaire liée à l'inactivation des canaux sodiques voltage-dépendants.

d) d1) L'équation de nernst donne les potentiels d'équilibre suivants :

E_{Na}= RT/zF *ln (155/18) = + 0,0556 V = + 55,6 mV

E_K = RT/zF *ln (4/154) = - 0,0943 V = - 94,3 mV

d2) Le courant sodique sera entrant et d'autant plus intense que les valeurs de potentiel imposé seront inférieures à +55,6 mV. Le courant potassique sera sortant et d'autant plus intense que les valeurs de potentiel imposé seront supérieures à -94,3 mV.

Exercice 2.

a) Si on stimule la fibre avec des stimulations de faible intensité, le potentiel de membrane subit une légère dépolarisation appelée réponse électrotonique. Si l'intensité de stimulation augmente, la réponse électrotonique augmente aussi et atteint le seuil de potentiel d'action (figure). L'amplitude du PA est indépendante de l'intensité du stimulus, même si l'intensité du stimulus augmente, l'amplitude du PA reste constante. Le PA est un phénomène qui obéit à la loi de type *tout ou rien*.

Les réponses électrotoniques ne se propagent pas alors que le PA se propage intégralement le long de la fibre.

b) Le potentiel d'action de l'axone est transmis sur la cellule musculaire:

> Arrivée du PA dans Bouton synaptique

> Phénomène d'exocytose des vésicules synaptiques

> Libération du neuromédiateur dans la fente synaptique (neuromediateur de la plaque motrice = acétylcholine (Ach))

> Fixation Ach sur Récepteurs de la membrane postsynaptique

> Ouverture d'un canal ionique Na+ couplé au récepteur (canal ionique Na+ de type ROC (receptor Operating Channel)
> Entrée Na+ dans la cellule postsynaptique
> Courant entrant → Légère Dépolarisation de la membrane postsynaptique → Potentiel de Plaque motrice (PPM)
> PPM atteint le seuil de potentiel de la fibre musculaire
> Ouverture du canal Na type VOC
> Naissance PA dans toute la cellule musculaire → contraction.

c) > Er = - 70 mv,
> PA = changement brusque et transitoire de E_m : donc de P_{Na} et de P_K.
> phase 1 : dépolarisation rapide, augmentation rapide et importante de P_{Na}.
> phase 2 : repolarisation, P_{Na} diminue et P_K augmente.
> phase 3 : hyperpolarisation, $P_{Na} \approx 0$ et P_K max
> P_K diminue et E_m revient à E_r
> P_K reste cependant élevée par rapport à la P_{Na}

d) Somatopète dans les dendrites, somatofuge dans l'axone.
e) Stimulation infraliminaire : stimulation qui ne donne que des réponse électrotoniques. Stimulation supraliminaire : stimulation qui produisent un PA

f) La différence entre canal ionique de type VOC et canal ionique de type ROC:
Canaux VOC: Les canaux VOC interviennent dans la naissance de l'activité électrique (PA) des fibres nerveuses. On distingue des courants:
> Courant sodique: dépolarisation rapide
> Courant potassique: repolarisation lente
Canaux ROC: Les canaux ROC interviennent dans la régulation neurohormonale de la fibre musculaire, ces canaux se trouvent qu'au niveau de la membrane post-synaptique. On distingue un courant sodique qui donne naissance à un PPM.

a) Calculer le rapport de la vitesse de conduction sur le diamètre, pour chaque fibre. Comment varie la vitesse de conduction en fonction du diamètre ?

classe de fibre	vitesse/diamètre	classe de fibre	vitesse/diamètre
axones (type 1)	6,0	muscle squelettique	0,12

	5,8	muscle cardiaque	0,03
	6,0	muscle lisse	0,01
axones (type 2)	1,3		
	1,3		

La vitesse de conduction augmente en fonction du diamètre, en première approximation de manière linéaire pour chaque type d'axone, puisque pour chacun d'eux, le rapport vitesse/diamètre est constant

***b)** Comparer les résultats obtenus pour les axones de type 1 avec ceux obtenus pour les axones de type 2. Comment peut-on expliquer les résultats observés ?*

Le rapport vitesse/diamètre des axones de type 2 est très inférieur à celui des types 1. Les axones de types 2 sont probablement amyéliniques, alors que ceux de type 1 sont myélinisés, étant donné que la gaine de myéline augmente la vitesse de conduction, pour un diamètre donné.

***c)** Quelle serait la vitesse de conduction d'une fibre nerveuse de 10 µm de diamètre ?*

Si on suppose que la vitesse de conduction est directement proportionnelle au diamètre, la vitesse de conduction d'une fibre de 10 µm de diamètre serait de 50(10/500) m/sec, soit 1 m/sec.

Exercice 4

a) Les concentrations sont constantes au cours du temps. Par ailleurs, le fait que la concentration de potassium soit supérieure à celle de sodium montre que l'axone renferme beaucoup plus de potassium que de sodium.

b) Les concentrations intracellulaire et extracellulaire étant connues, il suffit d'appliquer la loi de Nernst pour un cation monovalent à 20 °C.

E_k = RT/ZF ln (K)ext/(K)int

= RT/ZF ln20/400

= 2426,04/96000 ln20/400 = -0.075 V

= -75,7 mV

c) La différence vient du fait que le potentiel de repos est du à l'ensemble des flux ioniques en présence et pas exclusivement aux mouvements de potassium.

d) Malgré tous les soins apportés aux préparations in vitro, il est impossible de reconstituer complètement les paramètres physiologiques et métaboliques du milieu in situ. Ceci explique les quelques millivolts de différence entre les deux mesures.

Série 4: (Endocrinologie)

Question 1 :
Les cellules endocrines sécrètent-elles des hormones :
- en permanence,
- de temps en temps,
- rythmiquement,
- sous l'effet de stimulation ? **oui**

Question 2 :
Les hormones libérées dans tout l'organisme, agissent-elles que sur certains tissus ? **OUI**

Question 3:
Les effets de l'insuline sont :
- une élévation de la glycémie,
- une baisse de la glycémie, **oui**
- un maintien de la glycémie ?

Exerice 4.

La sécrétion des principales hormones du lobe postérieur de l'hypothalamus (vasopressine, ou ADH et Ocytocine) seront perturbées. Les hormones antéhypophysaires ne seront pas touchées car l'hypothalamus exerce son influence sur leur sécrétion par l'intermédiaire des hormones hypothalamo-hypophysaire et non par l'intermédiaire de connexions nerveuses.

Exerice 5

Une augmentation de l'ingestion de potassium provoque une plus grande excrétion de potassium par l'intermédiaire de l'aldostérone.

↗ apport de K^+

↓

↗ potassium plasmatique

↓

↗ sécrétion d'aldostérone (cortex surrénal)

↓

↗ aldostérone plasmatique

↓

↗ sécrétion de K^+ (au niveau des tubules rénaux)

↓

↗ excrétion de K^+

Exercice 6

Transpiration abondante

↓

Perte de solution salée hypoosmotique

↓

↘ volume plasmatique ==> ↘ concentration eau

↓ ↓

↗ aldostérone plasmatique ↗ ADH plasmatique

↓ ↓

↘ Excrétion de Na+ ↘ excrétion d'eau

Série 5: (Physiologie du Muscle)

Exercice 1.

1- Organisation en faisceaux, eux-mêmes formés d'un ensemble de fibres musculaires striées squelettiques (= myocyte = cellule musculaire striée squelettique). Un myocyte est constitué de plusieurs myofibrilles organisées en sarcomères, unité élémentaire de contraction

Exercice 2

Les principaux points de différence entre ces deux types de fibres (**I & II**)

Types et caractéristiques	Fibres lentes oxydatives (I)	Fibres rapides glycolytiques (II)

Voie de production d'ATP	Phosphorylation oxydative	Glycolyse anaérobie
Activité ATPase de myosine	Faible	Élevée
Cinétique de contraction	Lente	Rapide
Activité enzymatique glycolytique	Faible	Élevée
Nombre des mitochondries	Élevé	Peu important
Nombre de myofibrilles	Faible	Élevé
Capillaires sanguins	Nombreux	Peu nombreux
Taux en myoglobine	Élevé (rouge)	Faible (blanc)
Taux en glycogène	Faible	Élevé
Taux en triglycérides	Élevé	Faible
Diamètre des fibres	Petit	Gros
Vitesse de fatigabilité	Lente	Rapide
Type d'exercice musculaire	Lent, durable	Rapide, peu durable

Les fibres I, dites lentes permettent: *les exercices prolongés : courses de fond, sports d'équipe…*
Les fibres II, dites rapides permettent: *les exercices de courte durée : saut, courses de vitesse…*

Exercice 2.

Reponse 1
Les muscles squelettiques s'insérant sur le squelette, le muscle cardiaque localisé dans la paroi musculaire du cœur, et le muscle lisse des viscères et des vaisseaux.

Reponse. 2
IL enserre les sarcomères, se terminant par des citernes au niveau des lignes Z, ces citernes venant au contact des tubules T.

Reponse 3
En deux faisceaux tête-bêche (sens inverse), les têtes arrangées en hélice à la surface

Reponse 4

La tropomyosine et la troponine, cette dernière comprenant les sous-unités T, I et C.

Reponse 5

Le réticulum sarcoplasmique pour le muscle squelettique. Le milieu extracellulaire et le réticulum sarcoplasmique pour le muscle cardiaque

Reponse 6
Elle active la MLC-kinase qui phosphoryle les chaines légères de la myosine, laquelle est indispensable à l'activation de l'ATPase de la myosine.

Université Mohammed Premier

Faculté Pluridisciplinaire

Nador

Nom et prénom du Professeur	Moumen Abdelmajid	
Département	Biologie-Geologie	
Filière	**Modules**	**semestres**
SVI	Physiologie Animale	S4
SVI	Biologie des organismes Animaux	S2

	% réalisé	Moyens à fournir (pdf, vidéo-conférences, polycopiés, ...)
Cours: S2 et S4	100%	
TDs -S2 -S4	-100% -60%	polycopiés
TPs S2 et S4	100%	