

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série : STL
Spécialité Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire

SESSION 2015

CBSV : sous épreuve coefficient 4
Sciences physiques et chimiques en laboratoire : sous épreuve coefficient 4

Durée totale de l'épreuve : 4 heures

**Les sujets de CBSV et de sciences physiques et chimiques en laboratoire
seront traités sur des copies séparées.**

Dès que les sujets vous sont remis, assurez-vous qu'ils sont complets.

L'usage de la calculatrice est autorisé.

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série : Sciences et Technologies de Laboratoire

**Spécialités : - Biotechnologies
- Sciences physiques et chimiques
en laboratoire**

SESSION 2015

Sous-épreuve écrite de Chimie – biochimie – sciences du vivant

Coefficient de cette sous-épreuve : 4

Ce sujet est prévu pour être traité en deux heures.

**Les sujets de CBSV et de spécialité seront traités
sur des copies séparées.**

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Ce sujet comporte 7 pages.

Partie 1 : pages 2 à 3

Partie 2 : pages 4 à 7

Les 2 parties sont indépendantes.

L'évaluation tiendra compte de la qualité de la communication scientifique.

La galactosémie

La galactosémie est une maladie caractérisée par une concentration anormalement élevée de galactose dans le sang. C'est une maladie génétique qui touche un nouveau-né sur 35 000 en Europe. En l'absence de traitement, elle entraîne des manifestations graves pouvant menacer la vie du nourrisson.

Partie I : galactose et galactosémie (8 points)

Cette partie a pour objectifs d'étudier le galactose, de mettre en évidence les causes génétiques de la galactosémie et de comprendre le régime alimentaire spécifique des nourrissons atteints.

Structure et origine du galactose

À l'aide du **document A** et des connaissances acquises :

- 1.1 Nommer les fonctions chimiques du galactose à partir de sa représentation de Fischer.
- 1.2 À partir de la représentation de Fischer du galactose, indiquer le numéro du ou des atomes de carbone asymétrique(s) présent(s) dans la molécule.
- 1.3 Le galactose est un produit de la digestion du lactose. Le lactose est un oside présent dans les produits laitiers qui, au cours de la digestion, subit une réaction d'hydrolyse.
En utilisant la représentation de Haworth, établir l'équation d'hydrolyse du lactose et nommer les produits de la réaction.

Origine génétique de la galactosémie

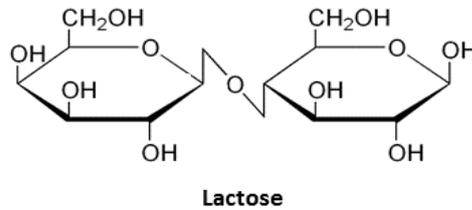
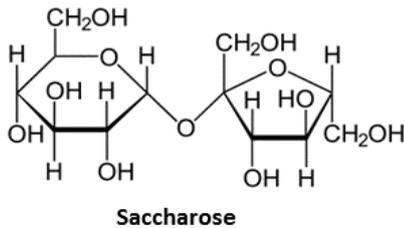
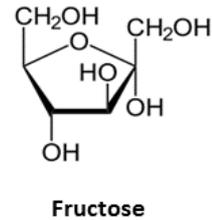
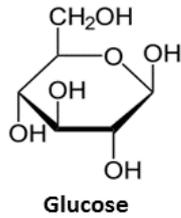
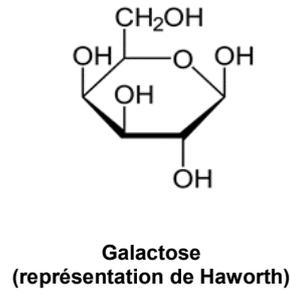
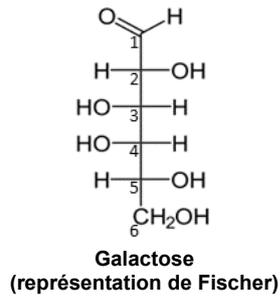
La galactose-1-phosphate uridyl-transférase (GALT) est une enzyme indispensable dans le catabolisme du galactose. La galactosémie est caractérisée par l'absence d'activité de la GALT, entraînant une accumulation du galactose et de ses dérivés dans le sang. Cette accumulation provoque les troubles à l'origine de la maladie.

La recherche de mutations dans le gène codant pour l'enzyme GALT est effectuée par la comparaison des séquences de l'allèle de référence et de l'allèle présent chez les personnes atteintes.

À partir du **document B** et des **documents de référence** :

- 1.4 Décrire les différences constatées entre les séquences nucléotidiques et conclure sur le type de mutation.
- 1.5 Pour chacune des séquences partielles des allèles du gène GALT, établir la séquence de l'ARN messager et en déduire la séquence d'acides aminés correspondante.
- 1.6 Comparer ces séquences d'acides aminés puis proposer une hypothèse expliquant l'absence d'activité enzymatique chez le patient atteint de galactosémie.
- 1.7 En mettant en relation l'ensemble des réponses et des données précédentes, justifier l'exclusion de tout produit laitier dans le régime alimentaire des nourrissons atteints de galactosémie.

Document A : formules de quelques oses et osides



Document B : séquences partielles des allèles du gène GALT

Séquences de 15 nucléotides du brin d'ADN codant (non transcrit)

- de l'allèle de référence : **T C A T T C C A G T A C A C G**
- de l'allèle à l'origine de la maladie : **T C A T T C C G G T A C A C G**

Documents de référence :

Les différents types de mutations

Mutation nucléotidique	Conséquence dans la séquence nucléotidique
Insertion	Ajout d'un nucléotide
Délétion	Suppression d'un nucléotide
Substitution	Remplacement d'un nucléotide

Tableau du code génétique

		DEUXIEME NUCLEOTIDE				
		U	C	A	G	
PREMIER NUCLEOTIDE	U	UUU Phé	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	U
		UUC Phé	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	C
		UUA Leu	UCA Ser	UAA Stop	UGA Stop	A
	C	UUG Leu	UCG Ser	UAG Stop	UGG Trp	G
		CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	U
		CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	C
		CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	A
	A	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	G
		AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	U
		AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	C
		AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg	A
		AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg	G
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	U	
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly	C	
	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly	A	
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly	G	

Partie II : transmission de la galactosémie et étude de ses conséquences sur la fertilité (12 points)

Cette partie a pour objectifs de comprendre le mode de transmission de la galactosémie et d'analyser quelques troubles hormonaux fréquemment observés chez les femmes atteintes.

Mode de transmission de la galactosémie

À l'aide du **document C** et des connaissances acquises :

- 2.1 Démontrer que l'allèle muté à l'origine de la maladie est récessif.
- 2.2 Donner les arguments permettant de penser que le gène GALT responsable de la maladie est situé sur un chromosome non sexuel (autosomique).
- 2.3 Écrire les génotypes des individus II.1 et II.2 en utilisant la notation suivante : soit S l'allèle non muté et soit m l'allèle muté à l'origine de la maladie.
- 2.4 Concevoir un tableau de croisement permettant d'établir la probabilité pour le couple d'individus II.1 et II.2 d'avoir un enfant III.4 atteint de galactosémie.

Galactosémie et trouble de la fertilité

Un très grand nombre de femmes atteintes de galactosémie (même correctement traitées) présente une insuffisance ovarienne précoce (IOP). Celle-ci se manifeste par un arrêt précoce des règles et une diminution drastique de la fertilité bien avant 40 ans. Les documents présentés permettent d'explorer les aspects histologiques et hormonaux de l'IOP.

- 2.5 À partir du **document D**, décrire l'évolution de la concentration en œstrogènes d'une femme présentant une IOP et celle d'une femme non atteinte.
- 2.6 À partir du **document D**, décrire l'évolution de la concentration en FSH d'une femme atteinte d'IOP et celle d'une femme non atteinte.
- 2.7 À l'aide des connaissances acquises concernant l'action des hormones sexuelles sur le complexe hypothalamo-hypophysaire, expliquer la valeur de la concentration de FSH observée chez la femme présentant une IOP.

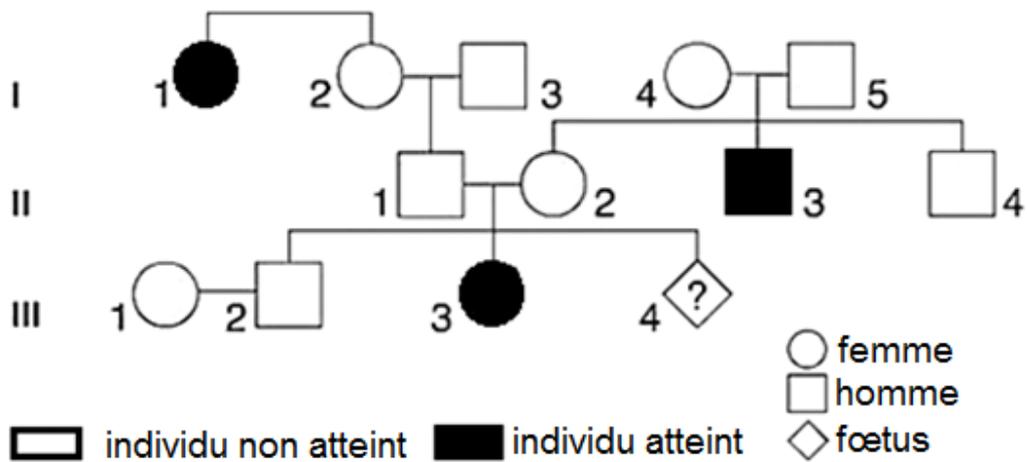
Le **document E** indique les différentes étapes d'une méthode très souvent utilisée en laboratoire pour doser les hormones comme la FSH : la méthode ELISA (Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay)

- 2.8 En utilisant les représentations des différentes substances fournies dans le **document F**, schématiser le complexe obtenu à la fin du dosage.
- 2.9 Citer les interactions spécifiques pouvant s'établir entre l'anticorps anti-FSH et la FSH.

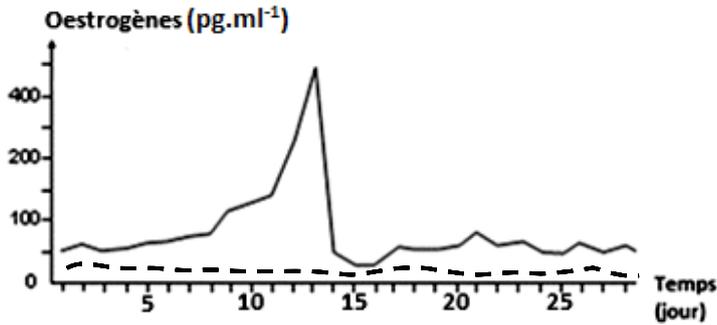
Dans les étapes de la méthode ELISA, une solution tampon PBS est utilisée pour les lavages.
A l'aide du **document G**, répondre aux questions suivantes :

- 2.10 Écrire l'équation de réaction acido-basique entre l'ion dihydrogénophosphate et l'eau.
Les couples acide/base mis en jeu sont : $\text{H}_2\text{PO}_4^-_{(\text{aq})}/\text{HPO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$ et $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$.
- 2.11 Calculer le pH de la solution tampon PBS et en déduire que le PBS possède les caractéristiques d'une solution tampon.
- 2.12 Indiquer le rôle des lavages réalisés avec la solution tampon PBS de la méthode ELISA (**document E**).

Document C : arbre généalogique d'une famille touchée par la galactosémie

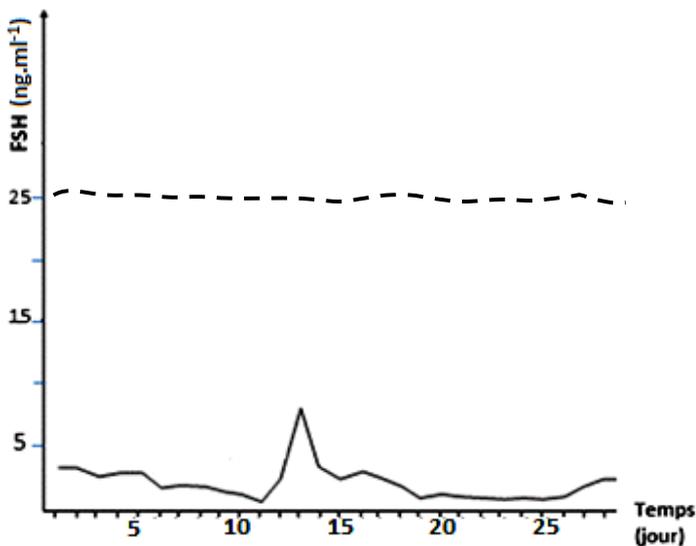


Document D : dosages hormonaux d'œstrogènes et de FSH



- - - - - Chez une femme âgée de 25 ans, atteinte d'insuffisance ovarienne précoce

————— Chez une patiente, du même âge, non atteinte



Document E : protocole de dosage de FSH sérique par la méthode ELISA

Etape 1 : mise en contact du sérum à tester avec le support solide sur lequel sont adsorbés des anticorps anti-FSH. Incubation puis lavage avec la solution tampon PBS (*Phosphate Buffered Saline*).

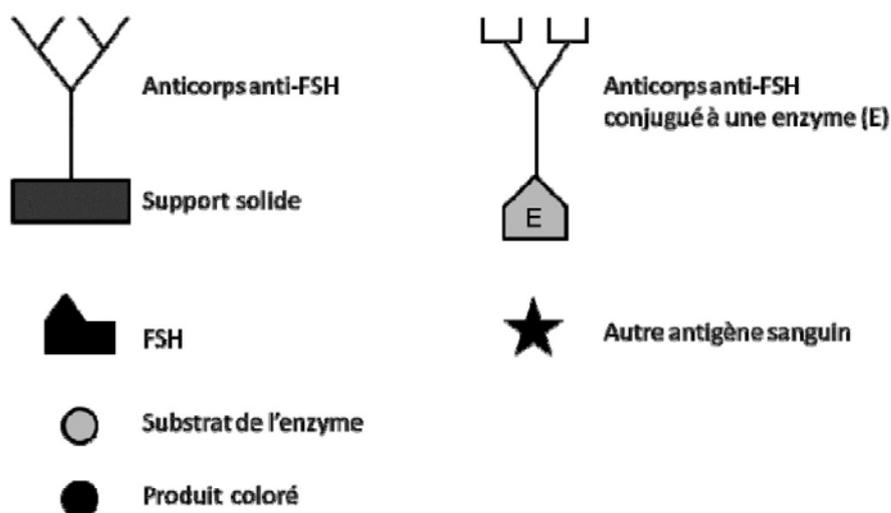
Etape 2 : ajout des anticorps anti-FSH couplés à une enzyme. Incubation puis lavage avec la solution tampon PBS.

Etape 3 : ajout du substrat spécifique de l'enzyme. Incubation puis lecture de l'absorbance au spectrophotomètre.

Donnée :

Le substrat est initialement incolore et lorsqu'il est en contact avec l'enzyme, il est transformé en un produit coloré.

Document F : schéma des principales substances présentes dans le test ELISA



Document G : le tampon PBS

Le **tampon phosphate salin** (souvent abrégé **PBS**, de l'anglais *phosphate buffered saline*) est une solution tampon couramment utilisée en biochimie. Il s'agit d'une solution physiologique contenant des ions sodium, des ions chlorure, des ions dihydrogénophosphate, des ions hydrogénophosphate. En général, les concentrations de ces ions dans la solution tampon et dans le milieu intérieur au corps humain sont identiques (isotonicité). Ce tampon sert au lavage du milieu réactionnel.

Son pouvoir tampon repose sur le couple ion dihydrogénophosphate / ion hydrogénophosphate dont le pK_A est égal à 7,2.

La solution tampon PBS contient :

Espèce chimique	Concentration
Ion sodium Na^+	$164 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
Ion chlorure Cl^-	$140 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
Ion hydrogénophosphate HPO_4^{2-}	$10,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
Ion dihydrogénophosphate $H_2PO_4^-$	$4,0 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

La relation entre le pH et le pK_A d'un couple acide/base : $pH = pK_A + \log \frac{[base]}{[acide]}$

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série : Sciences et Technologies de Laboratoire

**Spécialité : Sciences Physiques et Chimiques en
Laboratoire**

SESSION 2015

**Sous-épreuve écrite de sciences physiques et
chimiques en laboratoire**

Coefficient de la sous-épreuve : 4

Ce sujet est prévu pour être traité en deux heures.

**Les sujets de CBSV et de sciences physiques et chimiques en laboratoire
seront traités sur des copies séparées.**

L'usage de la calculatrice est autorisé.

Ce sujet comporte **8** pages.

La page **8** est à rendre avec la copie.

Problèmes de santé publique

En 2010, 285 millions de personnes dans le monde souffraient de diabète. La mise au point de techniques de mesure non invasives de la glycémie est donc un enjeu de recherche très important.

Par ailleurs, en Europe et aux États-Unis, plus de 20 millions de personnes sont atteintes d'insuffisance cardiaque. Actuellement des recherches portent sur la mise au point de cœurs artificiels qui rempliraient toutes les fonctions du cœur, avec une bonne fiabilité.

Ces deux thématiques de santé publique sont abordées dans ce sujet.

Partie A : Mesure de la glycémie par polarimétrie

Partie B : Action anticoagulante de l'aspirine

Partie C : Système de régulation d'un cœur artificiel

Le sujet comporte 3 parties indépendantes que le candidat peut traiter dans l'ordre de son choix.

Les documents sont réunis après l'énoncé.

Le document-réponse est à rendre avec la copie.

Partie A – MESURE DE LA GLYCÉMIE

Une personne atteinte de diabète souffre également d'une insuffisance cardiaque depuis une dizaine d'années à la suite d'un infarctus du myocarde. La concentration en glucose dans son sang (glycémie) étant assez instable malgré le traitement suivi, elle doit donc surveiller sa glycémie. Des recherches portent sur des techniques non invasives de mesure de la glycémie, par exemple la polarimétrie.

1. Le glucose

Le glucose linéaire est instable et subit une réaction de cyclisation (voir **document-réponse page 8**).

- 1.1. Indiquer si le carbone noté C_1 dans le **document-réponse** est un site électrophile ou nucléophile. Justifier à l'aide du **document 1**.
- 1.2. Sur le **document-réponse**, compléter le mécanisme réactionnel par les deux flèches-courbes manquantes permettant d'expliquer l'étape 2.
- 1.3. Indiquer à quelle catégorie de réaction (addition, substitution, élimination, acido-basique ou oxydo-réduction) appartient l'étape 2 de la cyclisation. Justifier.

2. Mesure par polarimétrie

Le glucose confère un pouvoir rotatoire (ou déviation du plan de polarisation) aux fluides corporels et notamment à l'humeur aqueuse de l'œil (liquide à l'intérieur du globe oculaire). La concentration en glucose dans l'humeur aqueuse est directement proportionnelle à la glycémie. Il est ainsi possible de relier la glycémie au pouvoir rotatoire de l'humeur aqueuse.

- 2.1. Indiquer à quelle grandeur physique est associée la polarisation d'une onde électromagnétique.
- 2.2. Sur le schéma du **document-réponse**, indiquer la position où doivent être placés l'analyseur et le polariseur et préciser la grandeur mesurée.

La détermination de la glycémie par polarimétrie passe par la construction d'une courbe d'étalonnage (voir **document-réponse**). Pour tracer cette courbe, il faut disposer de solutions de glucose de concentrations connues.

3. Choix de la verrerie pour une dilution

- 3.1. On souhaite obtenir une solution de volume $V_f = 100,0$ mL de glucose de concentration $C_1 = 0,250$ g.L⁻¹ en réalisant une dilution à partir d'une solution mère de concentration $C_0 = 1,25$ g.L⁻¹. Montrer que le volume V_p de solution à prélever vaut 20,0 mL.
- 3.2. On effectue la dilution décrite à la question 3.1. En s'appuyant sur le **document 2**, calculer l'incertitude relative $\frac{U(V_p)}{V_p}$ sur le volume prélevé V_p dans le cas où on utilise une pipette jaugée. Même question dans le cas où on utilise une pipette graduée.

L'incertitude relative sur la concentration de la solution mère $\frac{U(C_0)}{C_0}$ est de 1×10^{-2} et celle de la fiole jaugée 100,0 mL $\frac{U(V_f)}{V_f}$ est de 1×10^{-3} .

- 3.3. Sans effectuer le calcul de l'incertitude relative sur la concentration C_1 , comparer le poids des différentes sources d'incertitudes et justifier l'intérêt d'utiliser une pipette jaugée plutôt qu'une pipette graduée pour la réalisation d'une dilution.

4. Exploitation de la courbe d'étalonnage et mesure de la glycémie

4.1. En s'appuyant sur le graphique du **document-réponse**, expliquer pourquoi la loi de Biot (**document 3**) est vérifiée.

Le même dispositif expérimental que celui employé pour obtenir la courbe d'étalonnage est utilisé pour mesurer le pouvoir rotatoire α d'une solution (S) contenant du glucose de concentration inconnue. Celui-ci vaut 70° .

4.2. Déterminer graphiquement sur le **document-réponse** la concentration C_S en glucose de cette solution (S).

Les pouvoirs rotatoires dus au glucose dans les fluides corporels (dont l'humeur aqueuse) sont de l'ordre de quelques millièmes de degrés pour un trajet optique de la lumière d'un centimètre.

4.3. En tenant compte de cette information, indiquer quelle qualité doit avoir un appareil permettant de mesurer la concentration en glucose dans l'humeur aqueuse.

Partie B – ACTION ANTICOAGULANTE DE L'ASPIRINE

Une personne souffrant d'insuffisance cardiaque en attente de greffe peut bénéficier de l'implantation de pompes externes (assistances circulatoires). Après l'intervention, un traitement anticoagulant est prescrit les premières semaines suivant l'opération. Ce traitement repose sur la prescription d'une dose adaptée d'aspirine pour fluidifier le sang. On étudiera en premier lieu la synthèse de l'aspirine puis son effet sur le patient.

5. Synthèse de l'aspirine

5.1. Sur le **document-réponse**, entourer et nommer les groupes caractéristiques de l'aspirine.

5.2. En faisant appel à la notion de quotient de réaction et de constante d'équilibre, expliquer comment l'appareil de Dean-Stark (**document 4**) permet d'augmenter le rendement de la synthèse de l'aspirine à partir d'acide salicylique et d'acide éthanoïque.

5.3. À partir de 0,80 mol d'acide éthanoïque et de 0,80 mol d'acide salicylique, on obtient après séchage une masse d'aspirine de 138,5 g. À l'aide du **document 4**, calculer le rendement de cette synthèse. Commenter le résultat sachant que le rendement avec le même état initial sans appareil de Dean-Stark est de 67 %.

6. Effet de l'aspirine sur le débit sanguin

Afin de déterminer si la prise d'aspirine fluidifie suffisamment le sang, on mesure la vitesse d'écoulement du sang. On mesure par échographie Doppler vasculaire la vitesse des globules rouges dans une artère. On utilise pour cela une sonde émettant des salves d'ondes ultrasonores.

6.1. Indiquer si une onde ultrasonore est longitudinale ou transversale. Justifier la réponse.

Les ondes ultrasonores sont envoyées en direction d'une artère de diamètre $D = 0,60$ cm située à une distance $e = 0,46$ cm sous la peau. On s'intéresse à la vitesse des globules rouges situés à une profondeur $h = 0,76$ cm. Ces longueurs sont définies sur le schéma du **document 5**.

La fréquence d'émission des ondes ultrasonores est $f_e = 4,0 \times 10^6$ Hz et la direction d'émission de la sonde fait un angle $\theta = 60^\circ$ avec l'axe de l'artère visée.

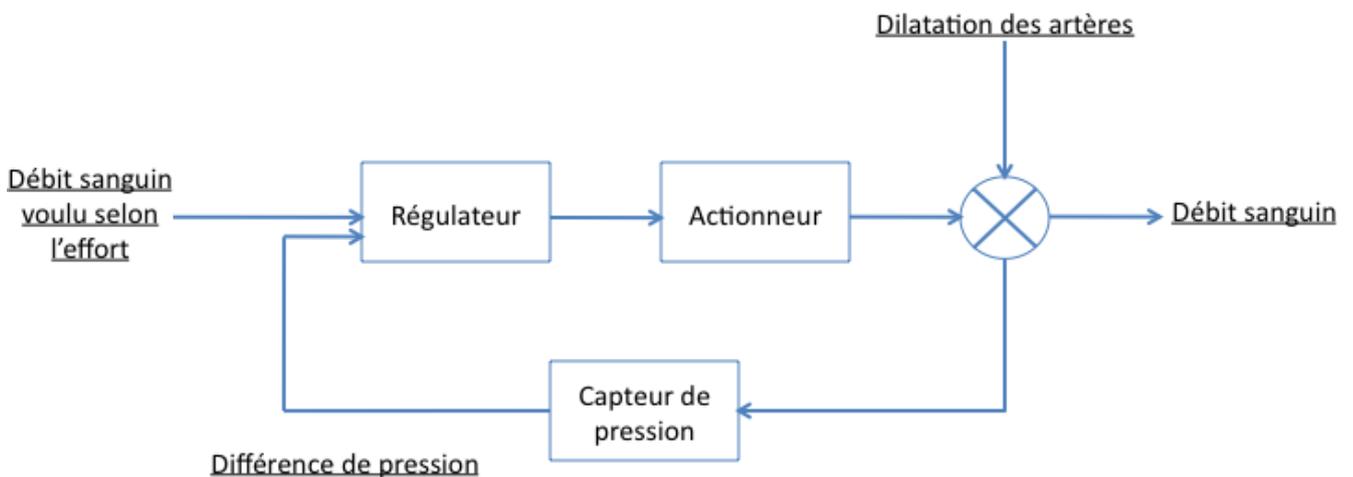
Après traitement, le signal réfléchi sur les globules rouges et reçu par la sonde a une fréquence f_r supérieure à la fréquence émise telle que $\Delta f = f_r - f_e = 1,0 \times 10^3$ Hz.

- 6.2. En utilisant les **documents 5 et 6**, montrer que la vitesse v des globules rouges détectés est maximale.
- 6.3. En s'aidant du **document 5**, déterminer la valeur de la vitesse v des globules rouges.
- 6.4. À l'aide du **document 7**, conclure sur l'efficacité du traitement anticoagulant.

Partie C – SYSTÈME DE RÉGULATION D'UN CŒUR ARTIFICIEL

Des recherches actuelles portent sur la mise au point d'un cœur artificiel parfaitement autonome. Dans un cœur artificiel, on adapte le débit sanguin à l'activité du sujet (débit voulu). En cas d'effort, le débit sanguin voulu augmente ; les artères se dilatent provoquant une pression plus importante dans le ventricule droit que dans le ventricule gauche. Une différence de pression est mesurée et transmise au régulateur qui conduit à une augmentation du débit sanguin.

- 7.1. En s'appuyant sur le texte introductif de la partie C ci-dessus, identifier parmi les mots soulignés du schéma fonctionnel ci-dessous, la *consigne*, la *grandeur réglée*, la *grandeur perturbatrice* et la *grandeur mesurée*. Les réponses seront notées sur le **document-réponse**.



À l'heure actuelle, les essais de greffe de cœur artificiel autonome ne sont pas encore complètement concluants. Cependant, pour une personne en attente d'une greffe de cœur, il est déjà possible de se faire implanter des pompes extracorporelles.

- 7.2. Justifier la nécessité de l'existence d'une pompe (cœur artificiel ou non) dans le système de circulation sanguine et discuter des paramètres qui peuvent influencer sur les pertes de charge tout au long du parcours du sang.

DOCUMENT 1 : Electronégativité des atomes du glucose (échelle de Pauling)

H	C	O
2,1	2,5	3,4

DOCUMENT 2 : Verrerie et incertitudes

Verrerie contenant la solution	Volume V_f (mL)	Incertitude $U(V_f)$ (mL)
Fliole jaugée	100,0	0,1
Verrerie de prélèvement	Volume V_p (mL)	Incertitude $U(V_p)$ (mL)
Pipette jaugée	20,00	0,08
Pipette graduée	20	1

Calcul de propagation d'incertitude :

Soit X la mesure d'une grandeur et $U(X)$ son incertitude.

Dans le cas d'une **dilution** pour laquelle on prélève un volume V_p d'une solution de concentration C_0 pour obtenir un volume V_f d'une solution diluée de concentration C_1 , l'incertitude sur C_1 est donnée par la relation :

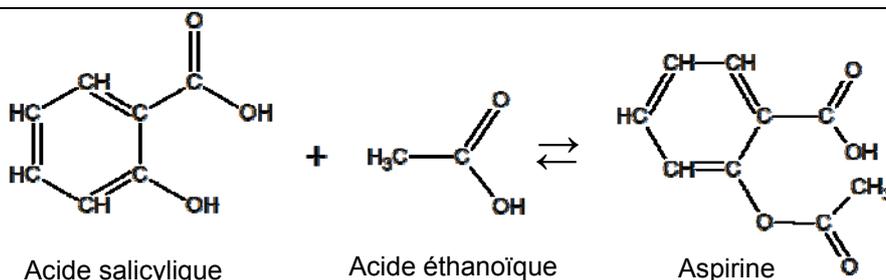
$$\frac{U(C_1)}{C_1} = \sqrt{\left(\frac{U(C_0)}{C_0}\right)^2 + \left(\frac{U(V_p)}{V_p}\right)^2 + \left(\frac{U(V_f)}{V_f}\right)^2}$$

DOCUMENT 3 : Polarimétrie

Le pouvoir rotatoire α (en $^\circ$) d'une solution optiquement active est déterminé par la **loi de Biot** :

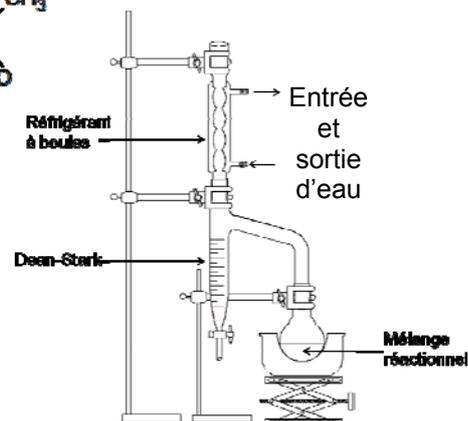
$$\alpha = [\alpha] \times L \times C \text{ où}$$

- L est l'épaisseur de solution traversée en dm
- C est la concentration de la solution en g.L^{-1}
- $[\alpha]$ est le pouvoir rotatoire spécifique en $^\circ.\text{dm}^2.\text{g}^{-1}$.

DOCUMENT 4 : Estérification et montage Dean-Stark

Masse molaire de l'aspirine : $M = 180,0 \text{ g.mol}^{-1}$

À l'aide du montage expérimental ci-contre, il est possible d'améliorer le rendement sans changer de réactifs. Le principe de base est d'éliminer progressivement l'un des produits, en l'occurrence l'eau, en utilisant un appareil de Dean-Stark.



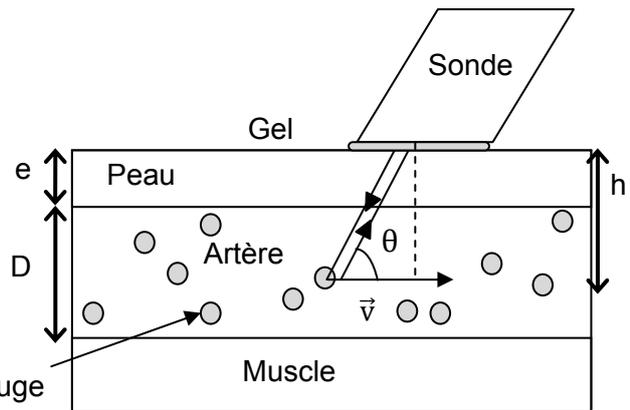
DOCUMENT 5 : Principe de l'échographie Doppler vasculaire

On place une sonde à ultrasons sur la zone à explorer. Elle émet des ultrasons de fréquence f_e et de vitesse v_e qui se réfléchissent sur les globules rouges. La fréquence de l'onde réfléchiée dépend de la vitesse v du sang.

On mesure l'écart de fréquence Δf entre l'onde émise et l'onde réfléchiée qui vaut :

$$\Delta f = 2.f_e \cdot \cos \theta \cdot \frac{v}{v_e}$$

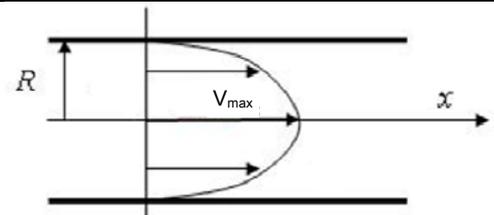
Globule rouge



Dans le sang et dans les tissus humains, la vitesse des ondes acoustiques est $v_e = 1520 \text{ m.s}^{-1}$.

DOCUMENT 6 : Profil des vitesses

Le profil des vitesses de l'écoulement dans une canalisation cylindrique de rayon R est donné ci-contre.

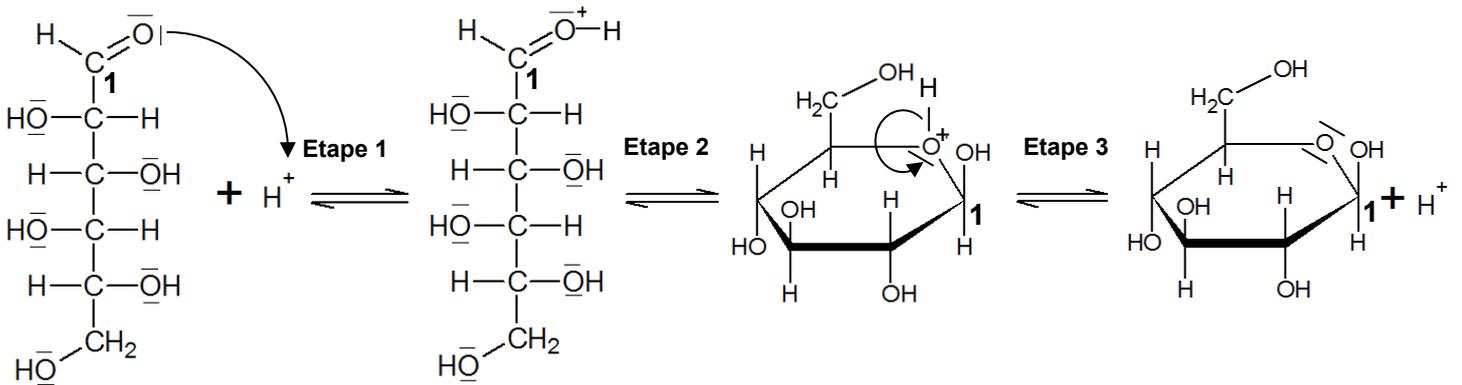


DOCUMENT 7 : Vitesse du sang et risque de coagulation

Si dans une artère la vitesse du sang est inférieure à $33,8 \text{ cm.s}^{-1}$, le sang est trop visqueux et les risques de **coagulation sanguine** (processus complexe aboutissant à la formation de caillots sanguins) sont accrus.

DOCUMENT-RÉPONSE À RENDRE AVEC LA COPIE

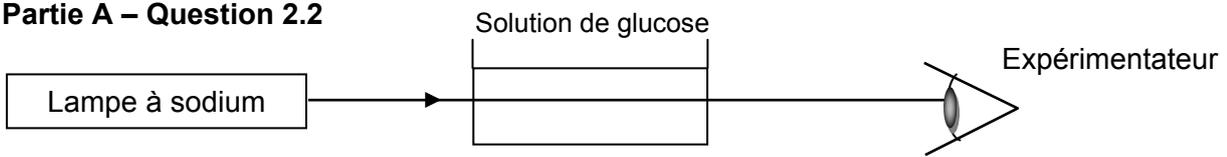
Partie A – Question 1.2



Glucose linéaire

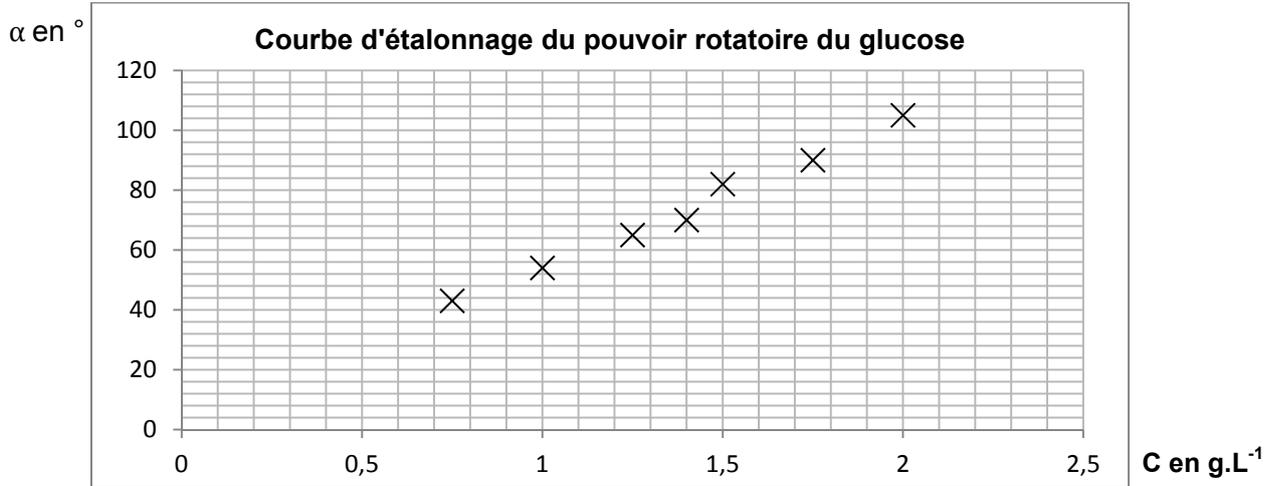
Forme cyclisée du glucose

Partie A – Question 2.2

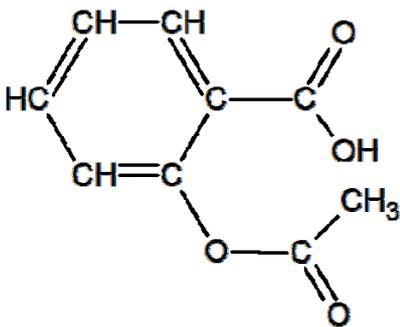


Grandeur physique mesurée :

Partie A – Questions 4.1 & 4.2



Partie B – Question 5.1



Partie C – Question 7.1

- Débit sanguin voulu selon l'effort :
- Différence de pression :
- Dilatation des artères :
- Débit sanguin :