

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série : STL
Spécialité Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire

SESSION 2019

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 tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série : Sciences et Technologies de Laboratoire

Spécialités :

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

SESSION 2019

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 tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Ce sujet comporte **9** pages.

Partie 1 : pages 2 à 5

Partie 2 : pages 6 à 9

Les 2 parties sont indépendantes.

Un espoir thérapeutique pour les patients atteints d'épidermolyse bulleuse jonctionnelle (EBJ)

Partie 1 : Laminine et intégrité de la peau (8 points)

L'épidermolyse bulleuse (EB) est une maladie génétique rare qui se manifeste par des décollements de la peau sous la forme de "bulles" ou de cloques entre l'épiderme et le derme. L'épidermolyse bulleuse jonctionnelle (EBJ) est la forme la moins commune des EB, associée fréquemment à une mortalité précoce. La maladie apparaît généralement à la naissance. Une des formes d'EBJ est causée par une mutation au sein du gène *lamb3* codant pour une protéine : la laminine 5.

L'objectif de cette partie est d'étudier les structures tissulaires et moléculaires affectées dans l'EBJ.

Étude de la peau

La peau est un organe qui recouvre entièrement le corps. Elle est formée de deux types de tissus distincts, l'épiderme et le derme, solidement associés l'un à l'autre. L'épiderme se compose de plusieurs couches distinctes. La couche cornée essentiellement constituée de cellules anucléées est la plus superficielle. Au-dessous, on trouve un épithélium pavimenteux pluristratifié kératinisé reposant sur une lame basale. Le derme sous-jacent est un tissu conjonctif.

Le **document A** présente une micrographie d'une coupe histologique de peau humaine.

- 1.1. Reporter sur la copie, les lettres **a** à **d** du document et nommer les structures qu'elles désignent.
- 1.2. Donner un argument pour déterminer, en le justifiant, le type de microscope utilisé pour obtenir cette micrographie.

La laminine : une protéine d'adhésion derme/épiderme

La laminine est une protéine d'ancrage localisée dans la lame basale. Elle est essentielle à l'adhésion des cellules épithéliales de l'épiderme sur cette lame basale. Cette protéine est constituée de 3 sous-unités : α (alpha), β (bêta) et γ (gamma).

Le **document B** présente l'organisation structurale de la laminine.

- 1.3. À l'aide du **document B (a)** et des informations données ci-dessus, identifier le niveau d'organisation structurale de la protéine. Argumenter la réponse.
- 1.4. Nommer sur la copie les structures secondaires qui se rapportent aux chiffres 1 et 2 du **document B (b)**.

Le **document C** présente la formule de deux des vingt monomères constituant les protéines humaines.

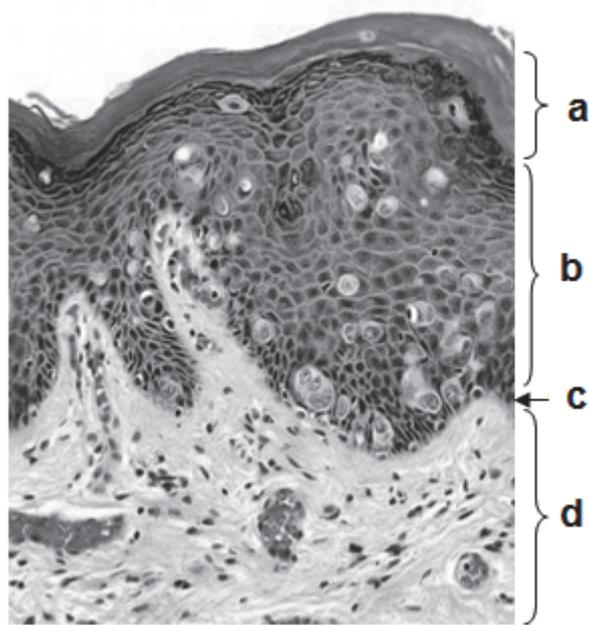
- 1.5. Préciser le nom général des monomères des protéines.
- 1.6. Identifier la représentation utilisée ici pour chacune de ces molécules : Cram, Fischer ou Haworth.
- 1.7. Parmi les atomes de carbone numérotés de 1 à 4 du **document C**, indiquer sur la copie le(les) numéro(s) du(des) atome(s) de carbone asymétrique(s).
- 1.8. Recopier sur la copie la molécule de glycine. Localiser et nommer les fonctions chimiques présentes dans cette molécule.

La synthèse des protéines nécessite la présence de monomères au niveau du cytoplasme. La glutamine est un monomère non essentiel car elle est produite à partir de l'acide glutamique.

Le **document D** présente la voie métabolique de biosynthèse de la glutamine à partir de l'acide glutamique (glutamate). Cette réaction, catalysée par la glutamine synthétase, résulte du couplage énergétique des réactions (1) et (2).

- 1.9. Écrire la relation permettant de calculer l'enthalpie libre standard ($\Delta_r G^{\circ T}$) de la réaction globale à partir des enthalpies libres standard des réactions (1) et (2).
- 1.10. Préciser le signe des enthalpies libres standard des réactions (1) et (2). Expliquer l'intérêt du couplage des réactions 1 et 2.

Document A : coupe de peau humaine saine

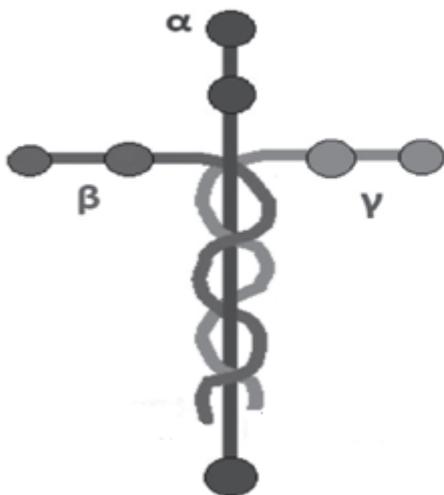


Micrographie d'une coupe histologique colorée (hématoxyline-éosine) de peau humaine saine (x1000)

Source : commons.wikimedia.org

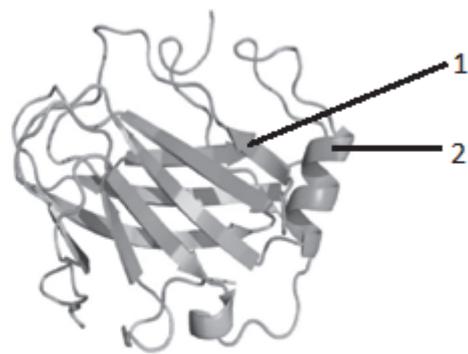
Document B : organisation structurale de la laminine

a- Représentation schématique de l'organisation de la laminine



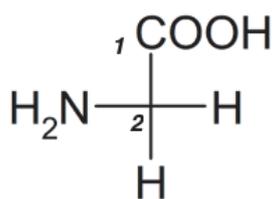
Source : wikimedia.org

b- Détail : modélisation 3D d'un domaine de la chaîne gamma

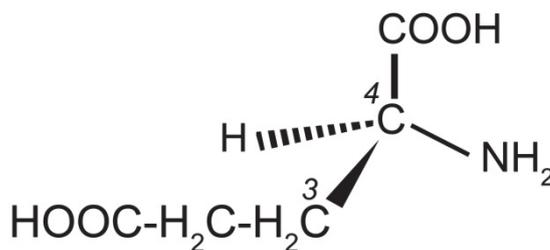


Source : Sinz et coll. 2014

Document C : exemple de monomères constituant les protéines



glycine



acide glutamique

Document D : réactions de biosynthèse de la glutamine catalysées par la glutamine synthétase

Réactions		Enthalpie libre standard de réaction dans les conditions biologiques (pH = 7,0 et T = 310 K)	
Réaction (1)	glutamate + ATP → glutamyl 5-phosphate + ADP	$\Delta_r G^{\circ}_1$	exergonique
Réaction (2)	glutamyl 5-phosphate + NH ₄ ⁺ → glutamine + Pi + H ⁺	$\Delta_r G^{\circ}_2$	endergonique
Équation globale	glutamate + NH ₄ ⁺ + ATP → glutamine + ADP + Pi + H ⁺	$\Delta_r G^{\circ}_T < 0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	

Source : Lehninger, Principes de biochimie

Partie 2 : Origine et traitement de l'épidermolyse bulleuse jonctionnelle : (12 points)

En février 2016, l'équipe du professeur De Luca a réussi une régénération épidermique chez un enfant de 7 ans atteint d'épidermolyse bulleuse jonctionnelle (EBJ), alors que son pronostic vital était engagé. Après avoir reçu une greffe de peau transgénique sur tout le corps, le patient a retrouvé une peau normale un an après l'intervention.

Ce patient portait une mutation du gène *lamb3* codant pour la laminine 5. Le gène *lamb3* est localisé sur le bras court du chromosome 1.

L'objectif de cette partie est de comprendre l'intérêt de la thérapie génique *ex vivo* dans le cas d'une autogreffe de peau chez un enfant atteint d'EBJ.

Transmission et origine génétique de l'EBJ

- 2.1. À partir des données précédentes, présenter l'argument permettant d'affirmer que la transmission de la maladie est autosomique.

Le **document E** illustre un arbre généalogique d'une famille présentant la maladie.

- 2.2. Déterminer, en argumentant la réponse, si l'allèle responsable de la maladie est dominant ou récessif.

Les individus III.2 de phénotype [malade] et III.3 de génotype hétérozygote attendent un enfant dont le sexe et le phénotype sont inconnus.

- 2.3. Déterminer la probabilité que cet enfant soit atteint d'EBJ.
- 2.4. Formuler une hypothèse sur la conséquence de la mutation du gène *lamb3* sur la structure et la fonction de la laminine 5.

Greffe de peau : approche historique

Peter Brian Medawar a reçu le prix Nobel de médecine en 1953 pour ses travaux sur les greffes de tissus, ayant permis une avancée majeure des connaissances du système immunitaire. Ces découvertes fondamentales ont conduit au développement des transplantations d'organes, dont les greffes de peau.

Le **document F** résume les premières approches expérimentales de P.B. Medawar.

- 2.5. Comparer les expériences 1 et 2 et en déduire une première propriété du système immunitaire.
- 2.6. Comparer les expériences 2 et 3 et en déduire une deuxième propriété du système immunitaire.
- 2.7. Conclure sur l'intérêt d'une autogreffe par rapport à une allogreffe.

Autogreffe de peau transgénique : une thérapie prometteuse pour l'EBJ

À partir de 4 cm² de peau encore intacte prélevée chez l'enfant atteint d'EBJ, l'équipe du professeur De Luca a pu restaurer plus de 80 % de son épiderme. Le principe de cette approche thérapeutique consiste à transformer génétiquement les cellules souches contenues dans ce prélèvement en y intégrant la version non mutée du gène *lamb3*. Ces cellules souches génétiquement modifiées sont ensuite cultivées en laboratoire pour obtenir la plus grande quantité possible de peau transgénique. Cette peau sera greffée sur l'enfant atteint d'EBJ.

Le **document G** présente le principe de cette thérapie génique *ex vivo*.

2.8. Justifier l'emploi d'un vecteur dans l'étape 2 de cette thérapie génique.

Les cellules souches ainsi génétiquement modifiées vont se diviser, permettant la synthèse d'une peau transgénique ayant les mêmes caractéristiques qu'une peau saine.

2.9. Proposer une cause possible de l'échec de cette thérapie génique.

Suivi du traitement

Hirsch et De Luca ont évalué l'efficacité de cette thérapie génique *ex vivo* par une technique d'immunofluorescence. La technique mise en œuvre par ces chercheurs repose sur l'utilisation d'anticorps anti-laminine 5 conjugués à un fluorochrome. Ces anticorps anti-laminine 5 forment des complexes immuns uniquement avec la laminine 5 synthétisée à partir de l'allèle *lamb3* non muté.

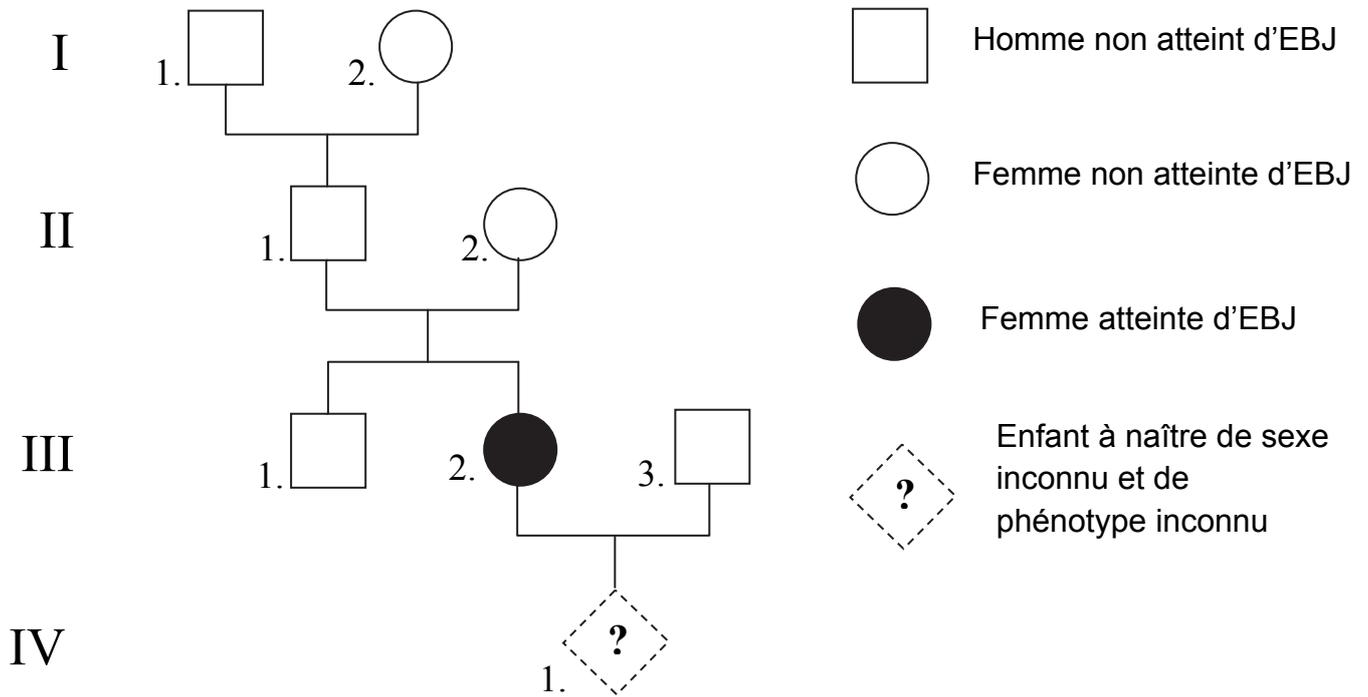
Le **document H** présente un extrait des résultats obtenus par l'équipe du professeur De Luca.

2.10. Analyser le document et conclure sur l'efficacité de la thérapie.

Synthèse

2.11. Rédiger une courte synthèse sur l'épidermolyse bulleuse jonctionnelle de son origine jusqu'à son traitement par thérapie génique.

Document E : arbre généalogique d'une famille dans laquelle un membre est atteint d'EBJ



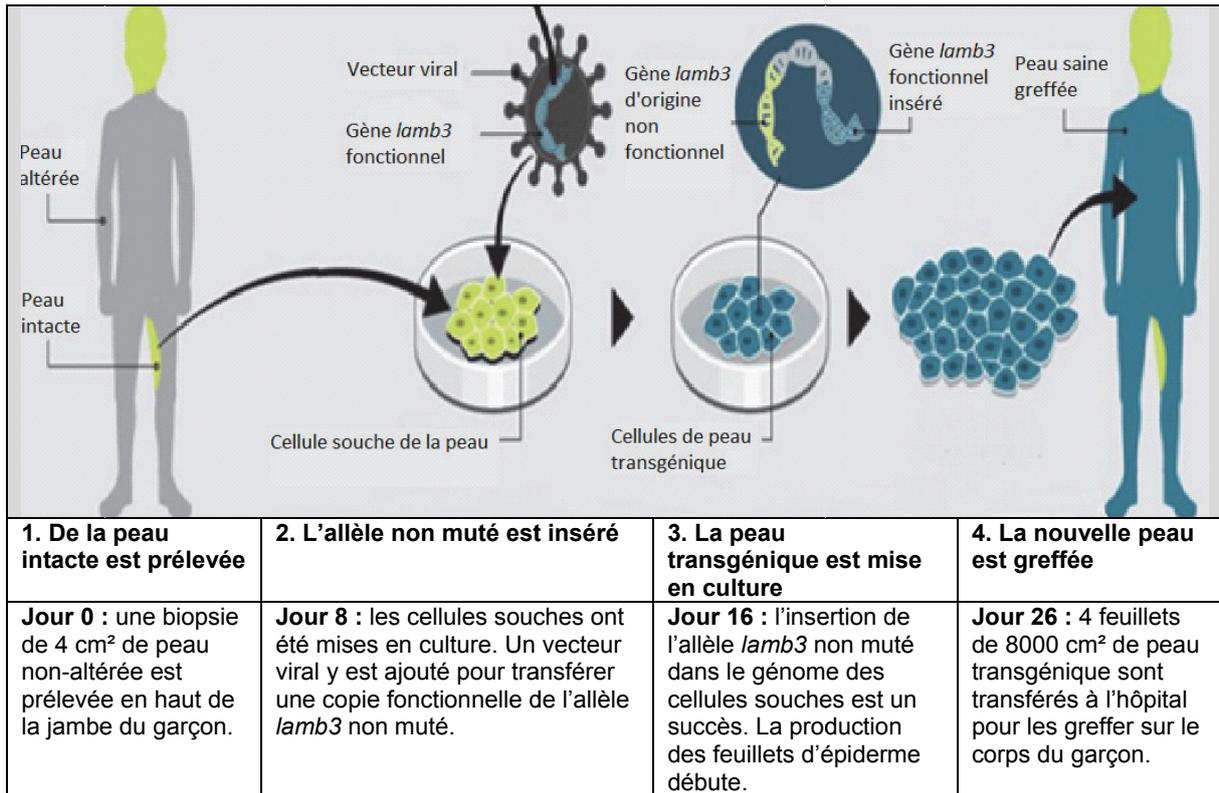
Document F : approche expérimentale des greffes de peau

Donnée : Les trois lignées de souris A, B et C sont génétiquement différentes.

Expérience de greffe de peau		Souris donneuse	Souris receveuse	Résultats
Exp 1	Autogreffe	Souris A	Souris A	Absence de rejet
Exp 2	Allogreffe	Première greffe Souris B	Souris C	Rejet de la greffe 10 jours après la greffe
Exp 3		Seconde greffe, 1 mois après la première greffe Souris B	Souris C	Rejet de la greffe 4 jours après la seconde greffe

d'après les travaux de P.B. Medawar

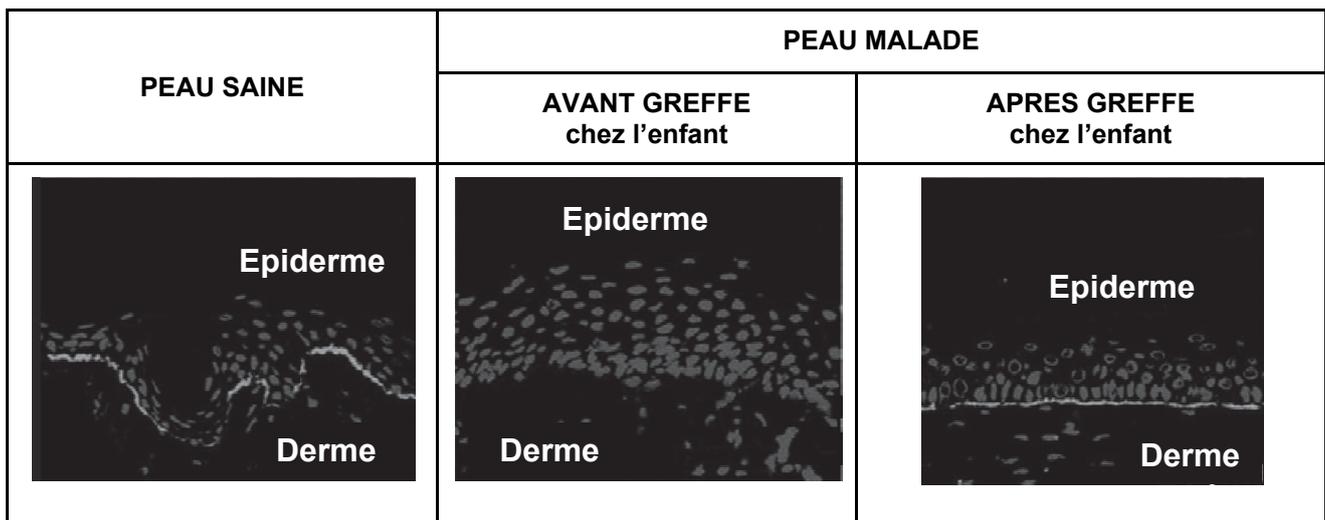
Document G : transplantation de peau par thérapie génique



d'après Science et Vie, Janvier 2018, N°1204 d'après Nature, 2017 Hirsch et coll.

Document H : résultats du marquage par immunofluorescence avant et après transplantation (greffe) de peau transgénique par l'équipe de De Luca et Hirsch.

Micrographies photoniques à fluorescence de 3 coupes de peau (7 µm).



Source : Hirsch et coll. Nature 2017

Données :

Le fluorochrome des Ac anti-laminine apparaît en blanc sur le document.

Les noyaux des cellules épithéliales et de certaines cellules du derme apparaissent en gris.

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Série : Sciences et Technologies de Laboratoire

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

SESSION 2019

**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 tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

Ce sujet comporte **9** pages.

Les pages 8 et 9 sont à rendre avec la copie.

Cellules photovoltaïques à colorant

Une alternative aux sources d'énergie fossile est l'utilisation sources d'énergie renouvelables.

Parmi celles-ci, la technologie prometteuse des **cellules photovoltaïques à colorant** a toute sa place. Depuis leur découverte en 1991 par les professeurs Michael Grätzel et Brian O'Reagan, ces cellules photovoltaïques à colorant ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche et commencent à être commercialisées.

Malgré un rendement énergétique assez faible, les cellules photovoltaïques à colorant présentent plusieurs atouts par rapport aux cellules « traditionnelles » à base de silicium. En effet, leur procédé de fabrication est plus simple, beaucoup moins énergivore et ne nécessite que des matériaux peu coûteux. De plus, la flexibilité, la légèreté et la semi-transparence des cellules à colorant leur ouvrent un vaste champ d'applications.



D'après un site commercial

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

PARTIE 1 : fabrication et fonctionnement d'une cellule photovoltaïque à colorant (10 points)

- A. Principe de fonctionnement d'une cellule à colorant
- B. Étude de l'électrolyte

PARTIE 2 : performances d'une cellule photovoltaïque à colorant (5 points)

- A. Étude de l'oxyde de titane
- B. Rendement de la cellule à colorant

PARTIE 3 : stockage de l'énergie électrique produite par des cellules à colorant dans des supercondensateurs (5 points)

- A. Alimentation électrique d'une liseuse électronique
- B. Le régulateur de charge

Les documents (pages 6 et 7) et les documents réponse (pages 8 et 9) sont réunis à la fin de l'énoncé.

PARTIE 1 : fabrication et fonctionnement d'une cellule photovoltaïque à colorant (10 points)

A. Principe de fonctionnement d'une cellule à colorant

Le principe de fonctionnement d'une cellule à colorant est décrit dans le **document 1** (page 6).

1.1. En vous aidant du **document 1**, indiquer sur le **document réponse A** (page 8) le sens de parcours des électrons ainsi que le sens conventionnel du courant électrique, à l'extérieur de la cellule.

1.2. Indiquer le type de réaction se produisant à l'électrode 1 et à l'électrode 2. Identifier alors la cathode et l'anode.

1.3. Écrire la demi-équation d'oxydoréduction à l'électrode 2.

1.4. En vous aidant du **document 1**, donner l'équation de la réaction d'oxydoréduction entre les ions iodures I^- et le colorant ionisé Y^+ . Expliquer alors pourquoi on peut dire que le colorant est régénéré.

*Le colorant chargé d'absorber la lumière est généralement un complexe de ruthénium (II). Ce complexe est représenté sur le **document réponse B** (page 8).*

1.5. Sur le **document réponse B**, entourer l'entité centrale de ce complexe de ruthénium (II).

1.6. Sur le **document réponse B**, entourer les ligands du complexe de ruthénium (II) en les nommant L_1, L_2, L_3, \dots . Compléter le tableau du **document réponse B** en choisissant et en justifiant le qualificatif approprié pour chacun d'eux : monodentate, bidentate, hexadentate.

1.7. Donner, sans explication, la représentation de Lewis de l'ion thiocyanate SCN^- et justifier son rôle de ligand.

Données : numéros atomiques des éléments suivants $Z_S = 16$; $Z_C = 6$; $Z_N = 7$

B. Étude de l'électrolyte

L'électrolyte de la cellule photovoltaïque est préparé à partir de 8,0 g d'iodure de potassium KI, 50,0 mL d'eau et de deux petites billes de diiode (I_2 de masse totale 0,0150 g).

L'électrolyte est constitué d'espèces appartenant au couple d'oxydoréduction I_3^- / I^- en solution dans un solvant. Le choix du solvant est fondamental car il influence le rendement de photoconversion de la cellule. Il est possible d'utiliser l'acétonitrile comme solvant.

1.8. En utilisant le **document 2** (page 6), expliquer pourquoi il peut être préférable d'utiliser l'eau comme solvant, bien que le rendement de photoconversion soit plus faible qu'avec l'acétonitrile.

1.9. Écrire l'équation de dissolution de l'iodure de potassium KI dans l'eau.

1.10. À l'aide du **document 3** (page 7), justifier la dissolution complète des 8,0 g d'iodure de potassium solide dans les 50,0 mL d'eau.

1.11. À l'aide du **document 3**, expliquer pourquoi l'électrolyte est constitué d'espèces appartenant au couple d'oxydoréduction I_3^- / I^- et non au couple d'oxydoréduction I_2 / I^- .

PARTIE 2 : performances d'une cellule photovoltaïque à colorant (5 points)

A. Étude de l'oxyde de Titane TiO₂

L'oxyde de titane TiO₂ déposé sur l'une des électrodes est un matériau peu cher, abondant et non toxique dans les conditions d'utilisation de la cellule à colorant. Il absorbe les photons d'énergie supérieure à 3,4 eV. Il est donc insensible à la lumière visible.

2.1. À l'aide du **document 4** (page 7), expliquer pourquoi le TiO₂ est insensible à la lumière visible.

B. Rendement d'une cellule à colorant

Une cellule à colorant convertit de l'énergie lumineuse en énergie électrique. On parle de photoconversion.

Les performances d'une cellule sont évaluées à partir du calcul du rendement de photoconversion η . On considère une cellule à colorant de 1 cm² de surface. La puissance lumineuse incidente P_i a pour valeur $P_i = 100$ mW. Pour cette puissance lumineuse incidente et dans le cadre d'une utilisation optimale, on mesure la tension et l'intensité du courant circulant dans la cellule. On obtient les mesures suivantes, les incertitudes $U(U_e)$ et $U(I_e)$ étant données avec un intervalle de confiance de 95 % :

$$U_e = (0,73 \pm 0,02) \text{ V}$$

$$I_e = (8,20 \pm 0,41) \text{ mA}$$

2.2. Calculer la puissance électrique P_e fournie par la cellule à colorant.

2.3. En déduire le rendement de photoconversion de cette cellule noté η .

L'incertitude $U(P_e)$ sur la détermination de la puissance électrique fournie par la cellule, associée à un intervalle de confiance de 95 %, peut être calculée grâce à la relation suivante :

$$U(P_e) = P_e \times \sqrt{\left(\frac{U(U_e)}{U_e}\right)^2 + \left(\frac{U(I_e)}{I_e}\right)^2}$$

2.4. Calculer l'incertitude $U(P_e)$ et donner un encadrement de la puissance électrique P_e fournie par la cellule.

2.5. En tenant compte de l'incertitude $U(P_e)$, déterminer le nombre minimum de cellules N de ce type à utiliser, pour être certain du bon fonctionnement d'un baladeur mp3 de puissance $P_b = 0,30$ W.

PARTIE 3 : stockage de l'énergie électrique produite par des cellules à colorant dans des supercondensateurs (5 points)

A. Alimentation électrique d'une liseuse électronique

Une liseuse électronique est un appareil mobile permettant la lecture de livres au format numérique avec un confort de lecture proche du livre papier. Concernant ses besoins énergétiques, l'écran ne consomme que très peu d'énergie pour afficher une page mais génère des pics importants de puissance lorsqu'une page est mise à jour. Ceci permet d'envisager une liseuse approvisionnée en énergie par la lumière ambiante avec :

- *des cellules photovoltaïques pour assurer la conversion de l'énergie lumineuse en énergie électrique ;*
- *des supercondensateurs pour stocker cette énergie et alimenter l'écran de la liseuse.*

3.1. Comparer les avantages des deux dispositifs d'alimentation électrique (supercondensateurs et batteries) en utilisant le **document 5** (page 7) et le texte introductif ci-dessus.

3.2. Expliquer alors pourquoi il est plus judicieux d'utiliser des supercondensateurs que des batteries dans une liseuse approvisionnée en énergie par la lumière ambiante.

B. Le régulateur de charge

*Pour protéger les supercondensateurs d'une surcharge, un régulateur série est utilisé entre les cellules photovoltaïques et les supercondensateurs, voir **document 6** (page 7). Afin de limiter la tension u_{sc} aux bornes de ces supercondensateurs, le régulateur se comporte comme un interrupteur :*

- *lorsque les supercondensateurs se chargent, la tension u_{sc} augmente. Au moment où la tension u_{sc} atteint un seuil haut, le régulateur se comporte comme un interrupteur ouvert et déconnecte ainsi la cellule photovoltaïque des supercondensateurs ;*
- *lorsque les supercondensateurs se déchargent la tension u_{sc} diminue. Au moment où la tension u_{sc} atteint un seuil bas, le régulateur se comporte comme un interrupteur fermé et la charge des supercondensateurs reprend.*

3.3. Préciser si un régulateur série est un régulateur continu ou un régulateur « Tout Ou Rien ». Justifier votre réponse.

3.4. Sur le **document réponse C1** (page 9), indiquer les phases de charge et celles de décharge des supercondensateurs lors de l'utilisation du régulateur A. Déterminer alors la durée t_d de la décharge.

On se propose à présent d'utiliser un autre régulateur B série dont les seuils bas et haut de la tension u_{sc} sont différents.

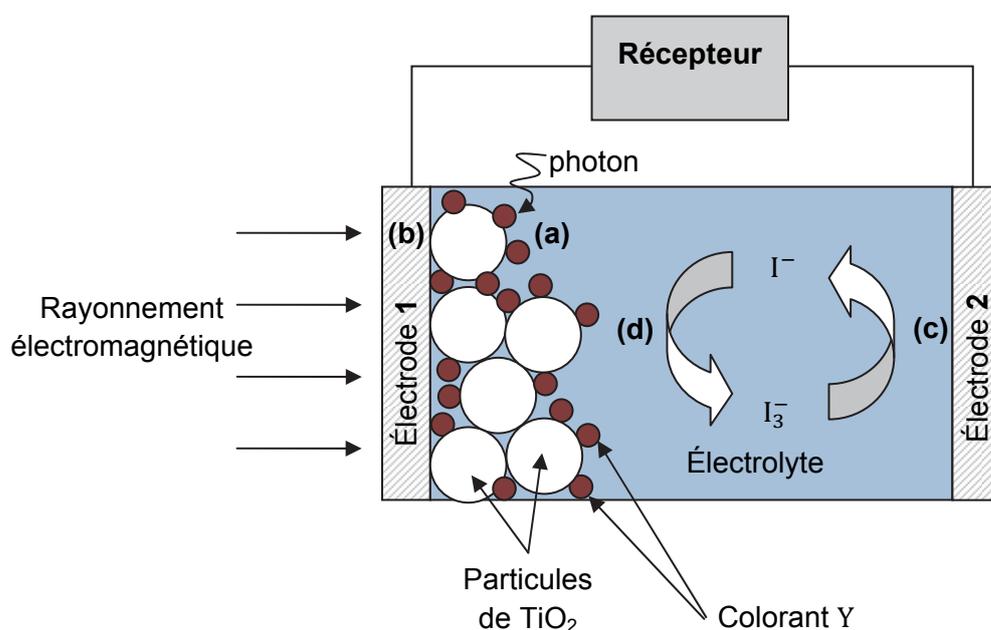
3.5. Sachant qu'une fréquence élevée de commutation peut entraîner une usure prématurée des composants, expliquer à l'aide des **documents réponse C1 ou C2** quelle peut être l'influence d'une diminution importante de l'écart entre les seuils haut et bas de la tension u_{sc} sur la durée de vie du système.

Document 1 : principe de fonctionnement d'une cellule à colorant

Comme le montre le schéma ci-dessous, une cellule à colorant est constituée d'un électrolyte, généralement une solution contenant des ions iodure I^- et triiodure I_3^- , placé entre deux électrodes transparentes. Sur l'une de ces électrodes (électrode **1**), des particules de dioxyde de titane TiO_2 ont été déposées et un colorant Y est fixé à la surface de ces particules.

Le colorant Y assure l'absorption du rayonnement électromagnétique. Lorsqu'un photon est absorbé par une molécule de colorant (voir indication **(a)** sur le schéma), celle-ci transite vers un état excité Y^* puis perd un électron et devient Y^+ ($Y \xrightarrow{\text{photon}} Y^* \longrightarrow Y^+ + e^-$).

Les électrons alors libérés traversent la fine couche de dioxyde de titane jusqu'à l'électrode **1**, puis ils sont injectés dans le circuit électrique externe (voir indication **(b)**) : il y a apparition d'un photocourant. Sur l'électrode **2**, les électrons sont récupérés et entraînent la réduction des ions triiodure en ions iodure (voir indication **(c)**). Enfin, les ions iodure réagissent avec le colorant ionisé Y^+ qui retourne à son état initial (voir indication **(d)**), ce qui clôt le « cycle redox » et fait revenir le système à son état initial. Au final, la lumière provoque l'apparition d'un courant électrique mais aucune espèce n'est consommée ou formée lors du fonctionnement de la cellule.



d'après Wikipedia.org

Document 2 : fiche toxicologique de l'acétonitrile



DANGER

- H 225 – Liquide et vapeurs très inflammables.
- H 332 – Nocif par inhalation.
- H 312 – Nocif par contact cutané.
- H 302 – Nocif en cas d'ingestion.
- H 319 – Provoque une sévère irritation des yeux.

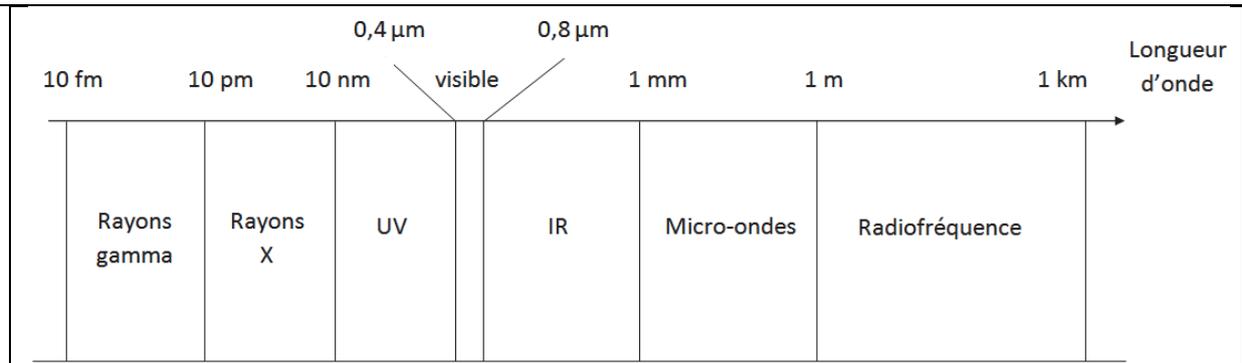
Document 3 : solubilités et masse molaire.

Solubilités :

- Dans une solution d'iodure de potassium, le diiode se trouve sous la forme I_3^- . La solubilité du diiode dans une solution d'iodure de potassium est alors plusieurs centaines de fois plus grande que dans l'eau.
- La solubilité de l'iodure de potassium dans l'eau est de $8,61 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Masse molaire de l'iodure de potassium : $166 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

Document 4 : spectre électromagnétique et constantes



$$1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Constante de Planck : } h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$$

$$\text{Célérité de la lumière dans le vide : } c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

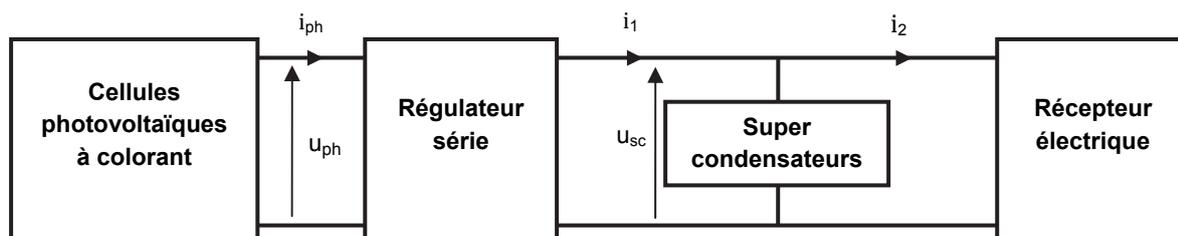
Document 5 : comparaison de deux dispositifs d'alimentation électrique

Les supercondensateurs sont des dispositifs permettant le stockage de l'énergie électrique. Ce sont des dipôles composés d'une solution électrolytique placée entre deux électrodes. Contrairement aux batteries, l'énergie n'est pas stockée sous forme d'énergie chimique mais par l'accumulation de charges électriques (électrons et ions) au niveau des électrodes.

Un supercondensateur stocke moins d'énergie qu'une batterie de même masse. Cependant, il est capable de délivrer cette énergie sur un temps beaucoup plus court. Il fournit ainsi une puissance plus élevée.

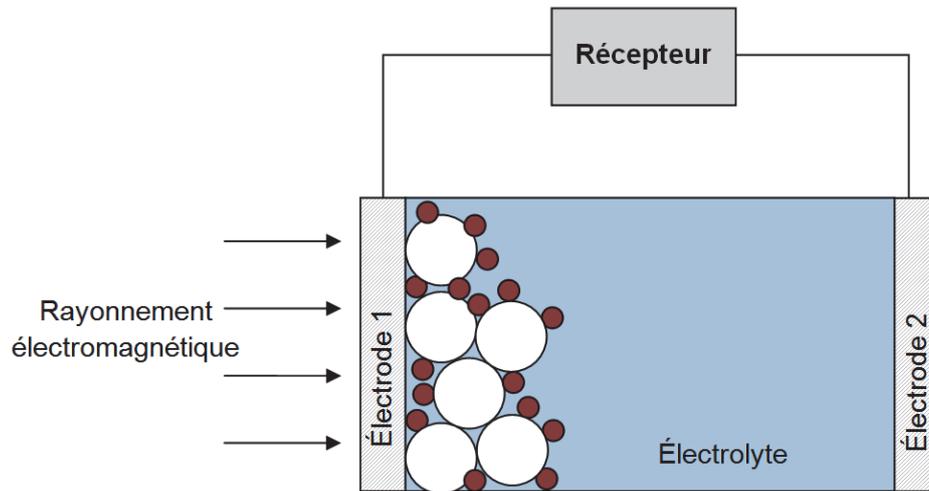
De plus, un supercondensateur a une longue durée de vie grâce à sa capacité à être chargé/déchargé une centaine de milliers de fois contre quelques milliers de fois seulement pour une batterie traditionnelle.

Document 6 : circuit électrique (régulation de la charge des supercondensateurs)

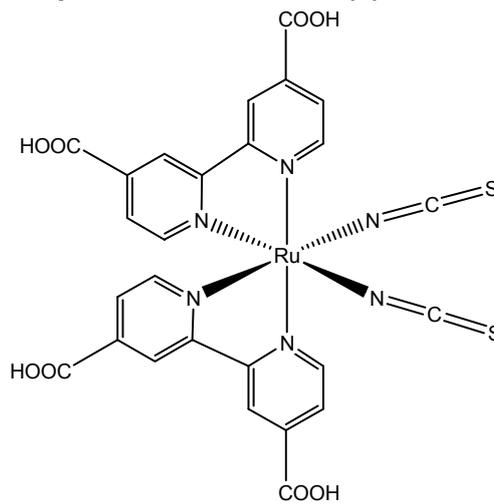


Document réponse, à rendre avec la copie

Document réponse A : schéma d'une cellule à colorant



Document réponse B : le complexe de Ruthénium (II)



L_i	type de ligand	Justification
L_1		

Document réponse, à rendre avec la copie

Documents réponse C1 et C2 : évolution temporelle de la tension u_{sc} aux bornes des supercondensateurs et de l'intensité i_1 du courant de sortie des régulateurs A et B.

On supposera que l'éclairement de la cellule photovoltaïque et l'intensité du courant de décharge sont les mêmes que lors de l'essai avec le premier régulateur.

