

SESSION 2023

---

**AGREGATION**  
Concours interne et CAER

Section  
**SCIENCES DE LA VIE, SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS**

Composition à partir d'un dossier

Durée : 5 heures

---

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout matériel électronique (y compris la calculatrice) est rigoureusement interdit.

L'usage de crayons, stylos et feutres de couleurs est autorisé.

**Les découpages et collages sur les copies des figures, issues du sujet, sont strictement interdits.**

**Le document réponse est à rendre avec la copie.**

Il appartient au candidat de vérifier qu'il a reçu un sujet complet et correspondant à l'épreuve à laquelle il se présente.

Si vous repérez ce qui vous semble être une erreur d'énoncé, vous devez le signaler très lisiblement sur votre copie, en proposer la correction et poursuivre l'épreuve en conséquence. De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, vous devez la (ou les) mentionner explicitement.

**NB : Conformément au principe d'anonymat, votre copie ne doit comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé consiste notamment en la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de la signer ou de l'identifier. Le fait de rendre une copie blanche est éliminatoire.**

**Tournez la page S.V.P.**

### INFORMATION AUX CANDIDATS

Vous trouverez ci-après les codes nécessaires vous permettant de compléter les rubriques figurant en en-tête de votre copie. Ces codes doivent être reportés sur chacune des copies que vous remettrez.

► **Concours interne de l'Agrégation de l'enseignement public :**

Concours	Section/option	Épreuve	Matière
EAI	1600D	101	7053

► **Concours interne du CAER / Agrégation de l'enseignement privé :**

Concours	Section/option	Épreuve	Matière
EAH	1600D	101	7053





## La communication chez les animaux

« Que la communication ait pour support les phéromones, le chant des oiseaux, les hormones et les neurotransmetteurs, l'expression du visage, le langage articulé propre à l'homme, les neurones miroirs, internet ou bien d'autres, elle est indispensable à la vie et à son évolution aussi bien chez la bactérie que chez Homo sapiens ». Joël Bockaert – La communication du vivant.

Les programmes de notre discipline, même s'ils ne consacrent aucun chapitre dédié en tant que tel à la communication, convoquent à de très nombreuses reprises les notions qui y sont étroitement attachées dans des contextes d'étude variés. A l'issue du parcours des élèves dans le second degré, les professeurs de sciences de la vie et de la Terre ont pu construire le concept de communication qui continuera à être étayé dans le supérieur.

Si la communication concerne l'ensemble des êtres vivants, ce sujet se limitera au monde animal.

Le dossier propose un ensemble de documents dans lequel le candidat puisera afin de répondre aux questions posées. Une exploitation judicieuse et précise des documents est attendue. **Cependant, l'utilisation de la totalité des documents n'est pas obligatoire.**

**Partie 1 – Le concept de communication dans les programmes au collège et au lycée**  
*Il n'est pas attendu d'exploitation de documents du dossier dans cette partie.*

**Question 1.1**

**Proposer en une phrase une définition de la communication en sciences de la vie.**

**Question 1.2**

**Montrer comment se construit progressivement le concept de communication dans le cadre du parcours d'un élève de la classe de sixième à l'enseignement de spécialité de SVT en classe de terminale.**

*Votre réponse sera présentée obligatoirement sous la forme d'un tableau ne dépassant pas deux pages. Vous préciserez les différentes échelles du vivant visées, les fonctions biologiques concernées, les acteurs et les modalités de communication.*

**Partie 2 – La communication intra-spécifique en classe de seconde**

**Question 2.1.**

**Proposer la réalisation d'une séance d'1h30 en classe de seconde permettant de répondre aux attendus du programme pour la partie « Communication intra-spécifique et sélection sexuelle ».**

*Vous explicitez la démarche mise en œuvre et préciserez ce que font les élèves ainsi que la place et les apports du professeur.*

*Il est attendu d'utiliser à la fois les exemples du grillon et de l'outarde en exploitant plusieurs documents, à didactiser si besoin, parmi les documents 2 et 3 dont obligatoirement le document 3B et/ou le document 3C, complétés éventuellement par les supports que vous jugerez pertinents.*

*On considèrera que la sélection naturelle a été traitée précédemment dans l'année et que le principe de la spéciation par isolement reproducteur a déjà été abordé.*

**Question 2.2.**

**Rédiger le bilan de la séance qui se retrouvera dans la trace écrite de l'élève.**

**Partie 3 – La communication hormonale au cycle 4**

**Question 3.1**

**Evaluer les deux productions d'élèves (document 4, production des élèves 1 et 2) sur la communication hormonale dans l'exemple de la procréation humaine en :**

- les annotant sur le document réponse - DR1 - à rendre avec votre copie ;
- Indiquant et justifiant sur votre copie le niveau de maîtrise que vous portez sur chacune de ces productions.

**Question 3.2**

**Dans le cadre de l'étude de la communication hormonale impliquée dans la contraception orale, un élève de troisième a fait une recherche et propose le document 5, trouvé sur un site internet, pour une exploitation collective en classe. Expliquer comment, en s'appuyant sur ce document, il est possible pour le professeur de développer l'esprit critique des élèves dans le cadre d'une formation rigoureuse en science.**

*Votre réponse s'appuiera sur les éléments qui posent problème dans le document.*

## **Partie 4 – La communication nerveuse du collège (cycle 4) au lycée (terminale spécialité)**

### **Question 4.1**

**Réaliser un schéma légendé de la communication nerveuse à l'échelle cellulaire qu'un élève pourrait produire à la fin du cycle 4.**

### **Question 4.2**

**Interpréter les résultats de l'expérience B du document 6C.**

*Vous rédigerez votre réponse en 10 phrases maximum.*

### **Question 4.3**

**Proposer le déroulement et les contenus d'un temps de travail en classe de terminale spécialité sur la neurotransmission, contribuant à la construction des compétences suivantes : choisir une démarche de résolution de problème ; interpréter des documents et intégrer leur analyse ; structurer et rédiger correctement son raisonnement.**

*Vous expliquerez comment le travail en classe s'organise, sa durée, ainsi que la place et les apports du professeur.*

*Il est attendu l'exploitation de plusieurs documents parmi les documents 6A, 6B et 6C, si besoin didactisés et complétés possiblement par les supports que vous jugerez pertinents.*

**Tournez la page S.V.P.**

<b>Document 1 – Extrait du programme de seconde.....</b>	<b>5</b>
<b>Document 2 – Communication intra-spécifique chez les grillons. ....</b>	<b>6</b>
Document 2A – Une femelle et un mâle de grillon provençal ( <i>Gryllus bimaculatus</i> ) .....	6
Document 2B – Un mâle de grillon provençal ( <i>Gryllus bimaculatus</i> ) en stridulation.....	6
Document 2C – Sonogrammes de chants de grillon champêtre mâle ( <i>Gryllus campestris</i> ) obtenus avec le logiciel Audacity.....	7
<b>Document 3 – Communication intra-spécifique et sélection sexuelle chez l’outarde houbara nord-africaine.....</b>	<b>8</b>
Document 3A – Comportement de parade du mâle d’outarde houbara nord-africaine.....	8
Document 3B – Communication à longue distance chez les mâles d’outarde houbara....	9
Document 3C – Corrélation entre l’état de santé des mâles d’outarde houbara, révélé par l’intensité de la parade, avec la qualité spermatique.....	11
<b>Document 4 – Eléments d’une situation d’évaluation en classe de quatrième et productions associées de deux élèves sur la communication hormonale.....</b>	<b>12</b>
<b>Document 5 – Document trouvé par un élève sur un site internet, après une recherche personnelle sur la communication hormonale dans le cadre de la contraception humaine .....</b>	<b>13</b>
<b>Document 6 – La neurotransmission.....</b>	<b>14</b>
Document 6A – Observation de synapses neuro-neuronales au microscope électronique à transmission (MET).....	14
Document 6B – Etude des propriétés électrophysiologiques d’un récepteur nicotinique de type neuronal par la technique de patch clamp.....	15
Document 6C – Etude de la modulation cholinergique dans le néocortex grâce à la bioluminescence de l’aequorine.....	16
<b>Document réponse à rendre avec la copie .....</b>	<b>18</b>

### Communication intra-spécifique et sélection sexuelle

#### **Connaissances**

La communication dans le monde vivant consiste en la transmission d'un message entre un organisme émetteur et un organisme récepteur pouvant modifier son comportement en réponse à ce message.

La communication s'inscrit dans le cadre d'une fonction biologique (nutrition, reproduction, défense, etc.). Il existe une grande diversité de modalités de communication (chimique, biochimique, sonore, visuelle, hormonale).

Dans le monde animal, la communication interindividuelle et les comportements induits peuvent contribuer à la sélection naturelle à travers la reproduction. C'est le cas pour la sélection sexuelle entre partenaires (majoritairement faite par les femelles).

Des difficultés dans la réception du signal peuvent générer sur le long terme un isolement reproducteur entre organismes de la même espèce et être à l'origine d'un événement de spéciation.

**Notions fondamentales** : communication, émetteur, récepteur, comportement, vie solitaire, vie en société, dimorphisme sexuel.

**Objectifs** : on évoque la diversité des modalités de communication sans en décrire finement les mécanismes. On illustre d'autres éléments de sélection naturelle (sélection sexuelle).

#### **Capacités**

- Mettre en œuvre une stratégie d'étude d'un exemple de communication animale intraspécifique (si possible en conditions réelles).
- Analyser des expériences montrant comment certains modes de communication ont été sélectionnés, que ce soit pour la survie ou la reproduction.
- Analyser avec un regard critique l'avantage de certains caractères sexuels extravagants du point de vue de la sélection naturelle : développement d'attributs liés à la reproduction chez le mâle (queue du paon, cornes des bovidés ou des scarabées, etc.).

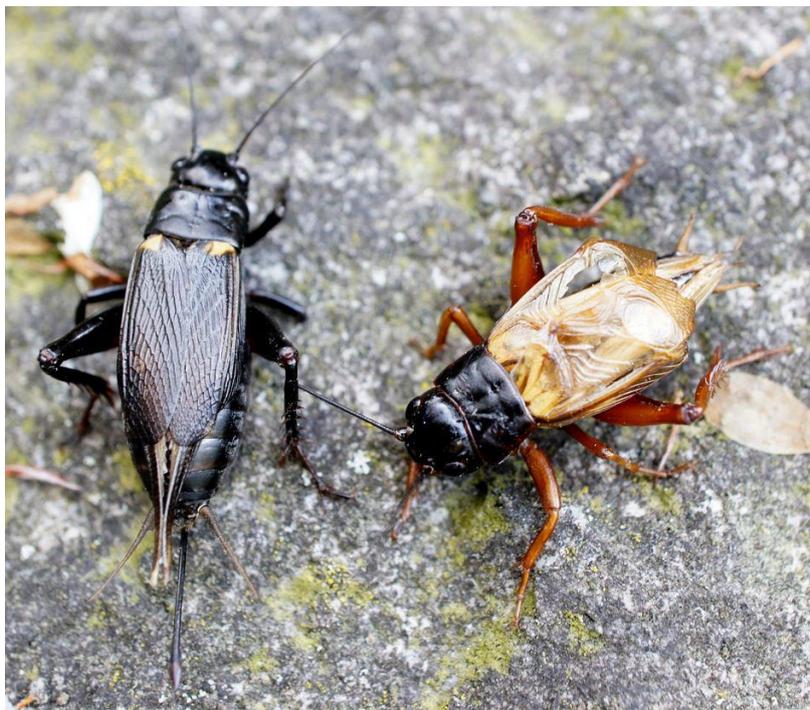
**Précisions** : les caractéristiques de la communication entre organismes sont mises en évidence chez les animaux, dans le contexte de la sélection sexuelle, à partir d'exemples au choix du professeur. On n'attend pas d'exhaustivité.

## Document 2 – Communication intra-spécifique chez les grillons

---

### Document 2A – Une femelle et un mâle de grillon provençal (*Gryllus bimaculatus*)

<https://commons.wikimedia.org>



Le grillon provençal mesure de 20 à 33 mm.

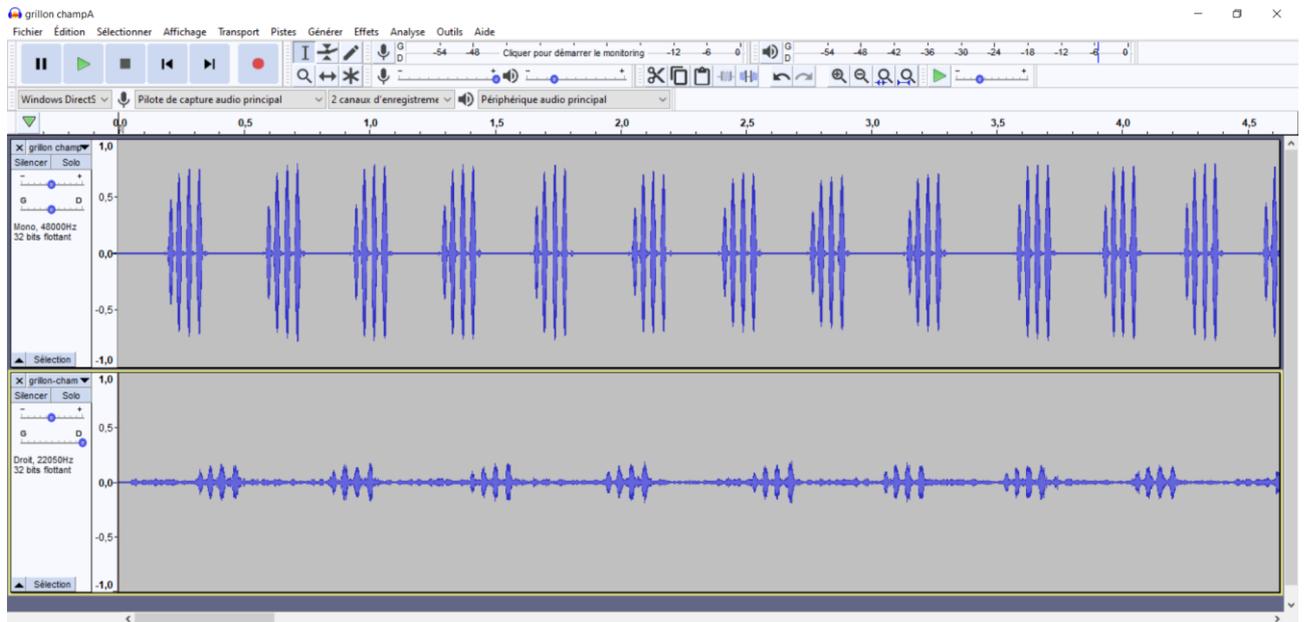
### Document 2B – Un mâle de grillon provençal (*Gryllus bimaculatus*) en stridulation

Capture d'après une vidéo – <http://www.biopathe.fr>



Chez les grillons mâles adultes, la stridulation se fait par frottement des élytres. Le mouvement stridulatoire correspond au frottement des deux élytres, le droit au-dessus du gauche.

## Document 2C – Sonogrammes de chants de grillon champêtre mâle (*Gryllus campestris*) obtenus avec le logiciel Audacity



Capture d'écran du logiciel Audacity :

Tracé du haut : chant d'un grillon champêtre mâle en présence d'un autre mâle.

Tracé du bas : chant d'un grillon champêtre mâle en présence d'une femelle.

**Tournez la page S.V.P.**

## Document 3 – Communication intra-spécifique et sélection sexuelle chez l'outarde houbara nord-africaine

L'outarde houbara nord-africaine (*Chlamydotis undulata undulata*) est une espèce d'oiseau sédentaire présente sur une frange de régions semi-arides à arides nord-sahariennes.

### Document 3A – Comportement de parade du mâle d'outarde houbara nord-africaine

*D'après Clément Cornec – Communication chez un oiseau à système socio-sexuel de type lek : étude des signaux acoustiques et visuels pendant la parade des mâles d'outarde houbara Chlamydotis undulata undulata. Biologie animale. Université Paris Sud - Paris XI, 2015.*

Chez l'outarde houbara, les mâles sont regroupés spatialement dans des zones où se déroulent les comportements de parade (système sexuel appelé « lek »).

**Comportement de parade des mâles** : La parade des mâles correspond à une succession de mouvements et de postures, organisés en 3 phases distinctes, réalisés suivant un cycle précis d'une durée moyenne d'une minute.



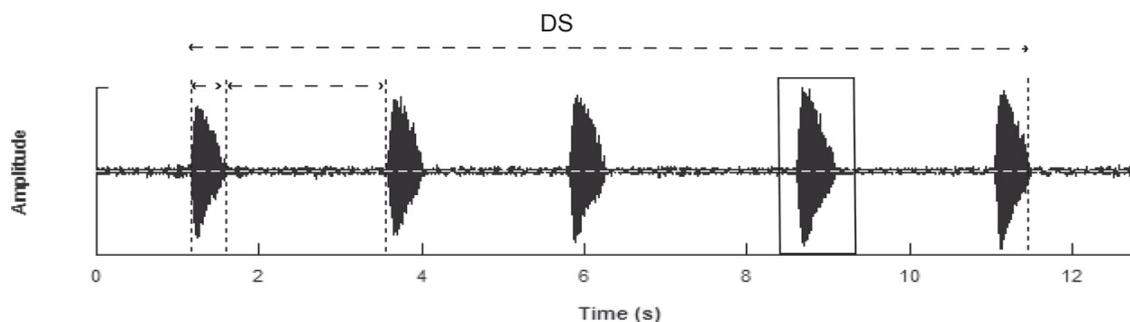
#### Représentation des différentes phases de la parade des mâles d'outarde houbara

A gauche (A), phase de marche lente ; au centre (B) phase de course ; à droite (C) phase de booming.

La phase de marche lente (A) : les plumes ornementales noires du cou et blanches de la poitrine sont érigées et le mâle débute une marche lente et stéréotypée en tenant la tête haute, le bec levé.

La phase de course (B), en cercle, en huit, en ligne ou en zig-zag. Au début de cette phase, le mâle balance brusquement sa tête en arrière et la repose entre ses ailes. Les plumes blanches de la poitrine et de la crête se dressent. Les plumes filamenteuses noires sont rabattues et étalées de chaque côté des ailes. Dans cette position, le mâle effectue une course en soulevant ses pattes de manière exagérée.

La phase de « booming » (C) : le mâle s'arrête brusquement et jette sa tête en avant, puis se tient vertical. Gonflé, plumes ornementales ébouriffées, il émet une série de signaux sonores graves appelée « booms ».



#### Oscillogramme d'une séquence complète de booms

DS : durée totale de la séquence de booms. Un boom est encadré.

**Parade pré-copulatoire et accouplement** : Si une femelle est présente à proximité du site de parade, le mâle court en ligne dans sa direction. A quelques mètres de la femelle, il entame une parade pré-copulatoire au cours de laquelle il balance sa tête de droite à gauche en direction de la femelle. Si la femelle est réceptive, elle reste aux côtés du mâle, sinon elle prend la fuite. S'ensuit la phase de copulation. Les observations d'accouplement en conditions naturelles sont très rares.



**Mâle effectuant une parade pré-copulatoire auprès d'une femelle**

### **Document 3B – Communication à longue distance chez les mâles d'outarde houbara**

*D'après Cornec C., Hingrat Y., Aubin T. et Rybak F. – Booming far : the long-range vocal strategy of a lekking bird. Royal society open science, 2017*

Chez les mâles d'outarde houbara, deux sites de parade contigus sont espacés d'une distance moyenne de 550 m. Cette distance implique la mise en place d'un système de communication capable de véhiculer des informations à longue distance.

**Expériences** : Afin d'étudier ces adaptations, des expériences de playback ont été menées avec la diffusion de leurres acoustiques (via un haut-parleur) et/ou visuels.

**Playback 1** : cette expérience a pour but d'étudier l'importance du nombre de booms au sein des séquences (premier signal composé d'un boom unique -1B-, second signal et troisième signal composés respectivement de 5 booms -5B- et de 10 booms -10B-).

**Playback 2** : cette expérience a pour but d'étudier le rôle respectif des signaux visuel et acoustique et de leurs possibles actions synergiques. Les mâles ont été testés avec trois types de signaux : un signal acoustique seul constitué d'une séquence naturelle de booms, un signal visuel seul (leurre de mâle adulte outarde houbara naturalisé en posture de booming) et un signal multimodal (acoustique et visuel).



**Dispositif utilisé pour l'expérience de playback 2**

Leurre visuel (sorti de sa boîte, à gauche) et haut-parleur (situé derrière la boîte du leurre visuel). Les expériences ont été menées en milieu naturel, au Maroc, sur une douzaine de mâles. Chaque sujet n'a été testé qu'une seule fois avec chaque série de signaux afin d'éviter tout phénomène d'habituation.

**Tournez la page S.V.P.**

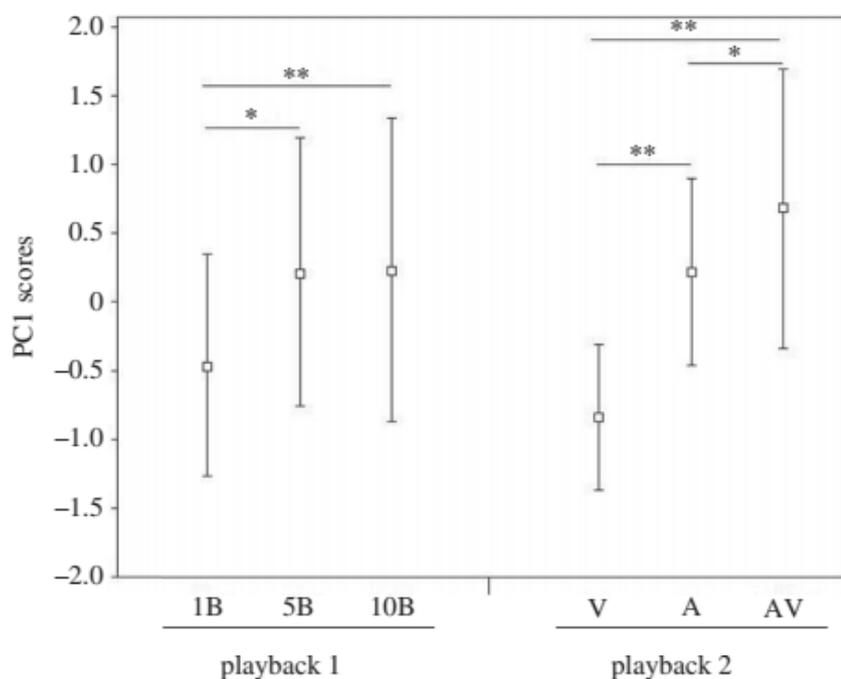
Pour chaque catégorie de signal, les réponses comportementales des mâles ont été mesurées. Quatre comportements ont été retenus pour l'analyse statistique présentée ci-après car ce sont les seuls qui ont été présentés par tous les mâles et pour chacune des conditions expérimentales :

- 1) La distance vis-à-vis du haut-parleur.
- 2) La latence d'approche du haut-parleur (laps de temps entre la diffusion de la première série de signaux et l'initiation de l'approche en direction du haut-parleur).
- 3) Le pourcentage de temps passé en comportement de parade.
- 4) Le nombre total de parades effectuées.

**Résultats** : Les chercheurs ont mené une analyse statistique appelée analyse en composantes principales. A partir des quatre comportements présentés par les mâles testés, représentant quatre variables différentes, et pour chaque playback, les chercheurs ont construit une variable composite. Cette nouvelle variable appelée PC1 est la première composante principale de cette analyse. Il s'agit de la composante qui résume au mieux l'ensemble des quatre comportements des mâles.

Pour chaque expérience de playback, le score PC1 permet ainsi de comparer les comportements agonistiques des mâles (*un comportement agonistique désigne l'ensemble des conduites de rivalité entre individus*) dans les trois conditions expérimentales (par exemple 1B, 5B et 10B) entre elles. Un score égal à 0 représente une réponse agonistique moyenne pour l'ensemble d'une expérience de playback donnée, un score positif une réponse agonistique plus forte que la réponse moyenne et un score négatif, une réponse agonistique moins forte. Plus la moyenne des scores est élevée plus la réponse agonistique est forte.

Le test de Wilcoxon permet de tester l'hypothèse d'une différence significative entre deux moyennes d'une même expérience : \* forte présomption d'une différence, \*\*très forte présomption d'une différence.



#### Scores PC1 (moyenne +/- erreur standard) pour deux expériences de playback

Score PC1 : score de la 1ère composante principale de l'analyse en composante principale.  
 Playback 1 : 1B : 1 boom, 5B : 5 booms, 10B : 10 booms. Playback 2 : V : signal visuel, A : signal acoustique, AV : signal multimodal (acoustique + visuel).

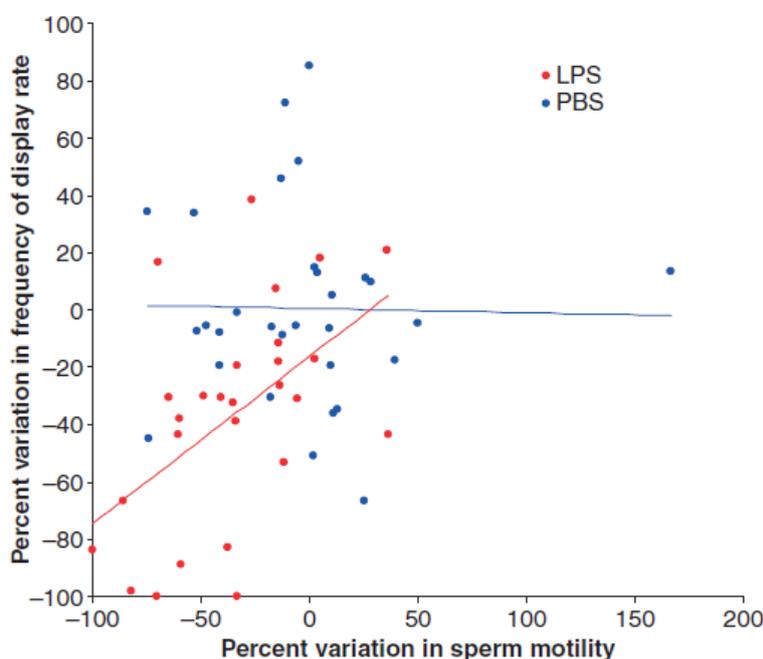
### Document 3C – Corrélation entre l'état de santé des mâles d'outarde houbara, révélé par l'intensité de la parade, avec la qualité spermatique

*D'après Chargé R., Saint-Jalme M., Lacroix F., Cadet A. et Sorci G. – Male health status, signalled by courtship display, reveals ejaculate quality and hatching success in a lekking species. Journal of Animal Ecology, 2010.*

La sélection inter-sexuelle résulte du choix actif des femelles pour des mâles dont l'attractivité est souvent signalée par les caractères sexuels secondaires. Ces caractères sexuels peuvent transmettre divers types d'informations importantes telles des informations sur la qualité (phénotypique et/ou génotypique) des mâles. L'hypothèse d'un codage de telles informations dans les signaux des mâles chez l'outarde houbara peut être envisagée.

**Expérience :** L'expérience teste l'hypothèse selon laquelle le comportement de parade reflète l'état de santé chez le mâle d'outarde houbara. Afin de rendre les mâles malades, on les a traités avec un composé de la paroi d'*E. Coli*, le lipopolysaccharide (LPS), qui est un stimulateur puissant de la réponse inflammatoire. L'étude a eu lieu au Maroc sur plusieurs dizaines de mâles d'outarde houbara sexuellement matures, en captivité. Un groupe de mâles reçoit une injection d'une solution avec du LPS alors qu'un autre groupe de mâles est traité avec du tampon phosphate salin (PBS) : groupe contrôle. Les mâles ayant reçu l'un ou l'autre des traitements ont initialement une masse, une condition physique, un comportement de parade et une qualité spermatique similaires. L'effet du traitement sur le comportement de parade et la qualité de l'éjaculat ont été mesurés pendant 4 semaines après le traitement.

**Résultats :** Le pourcentage de variation de la fréquence des parades a été déterminé de la manière suivante : valeur de l'activité de parade observée une semaine après l'injection moins valeur observée avant l'injection, le tout divisé par la valeur avant l'injection. Le pourcentage de variation de la mobilité des spermatozoïdes a été calculé de la même manière (sauf la valeur post-injection déterminée à 2 semaines après l'injection).



#### Pourcentage de variation de la fréquence des parades des mâles en fonction du pourcentage de variation de la mobilité spermatique

Les mâles traités (LPS) sont représentés en rouge et les mâles contrôles (PBS) en bleu. Chaque point représente un mâle. Les droites sont des droites de régression linéaire avec les coefficients de corrélation suivants :  $r = 0,52$  (droite rouge) et  $r = -0,02$  (droite bleue).

**Document 4 – Éléments d'une situation d'évaluation en classe de quatrième et productions associées de deux élèves sur la communication hormonale**

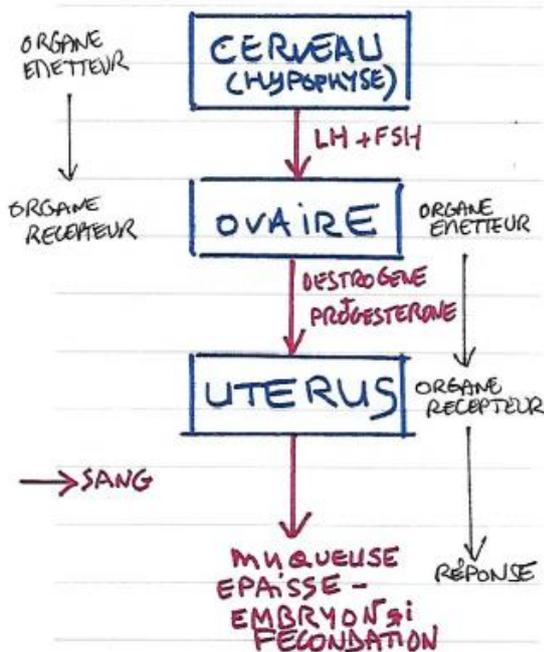
Les élèves ont étudié en classe de cinquième la puberté et la cascade hormonale qui en était à l'origine. Plusieurs schémas fonctionnels ont déjà été réalisés depuis la classe de cinquième. Dans le chapitre sur la procréation humaine, des séances ont été consacrées au fonctionnement des appareils génitaux de l'être humain. Celui de l'homme a été étudié et celui chez la femme est en cours. Des documents ont été fournis et étudiés avec les élèves sur le fonctionnement des ovaires et de l'utérus (mise en évidence des hormones, résultats expérimentaux, lames histologiques). A la fin de la deuxième séance consacrée au fonctionnement de l'appareil reproducteur de la femme, on demande aux élèves de réaliser l'exercice suivant, prévu en 20 minutes.

Texte pour l'élève :  
 « L'hypophyse, une petite glande située dans le cerveau produit et libère dans le sang les hormones hypophysaires LH et FSH. Ces dernières agissent sur les ovaires qui à leur tour produisent des hormones ovariennes (œstrogènes et progestérone) libérées dans le sang. L'augmentation du taux sanguin des hormones ovariennes entraîne un épaississement de la muqueuse utérine qui s'enrichit en vaisseaux sanguins et devient apte à accueillir l'embryon s'il y a eu fécondation. »

*Vous traduirez sous la forme d'un schéma fonctionnel ce texte. Vous ferez apparaître dans ce schéma les caractéristiques de la communication hormonale : organe(s) émetteur(s), organe(s) récepteur(s), le type de messenger, la voie de communication, la (les) réponse(s).*

Ces deux schémas se retrouvent sur le document réponse à rendre avec la copie.

ELÈVE 1



Production de l'élève 1

ELÈVE 2

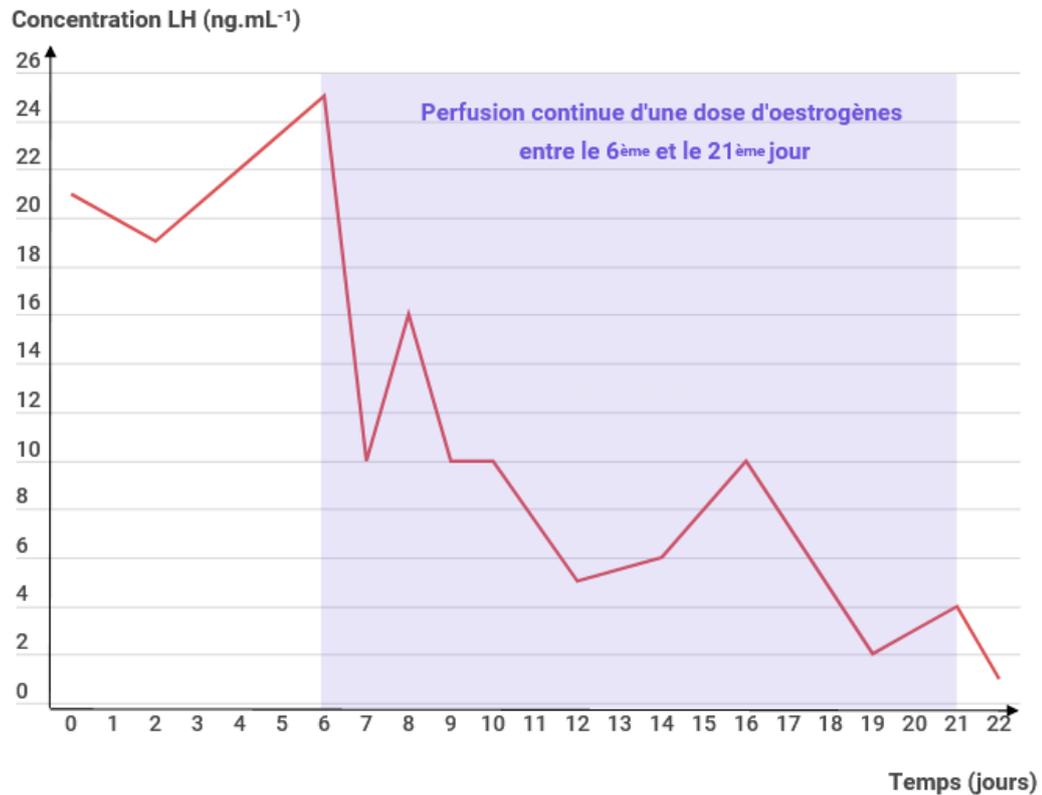


Production de l'élève 2

**Document 5 – Document trouvé par un élève sur un site internet, après une recherche personnelle sur la communication hormonale dans le cadre de la contraception humaine**

---

*Document trouvé sur un site internet*



**Etude de l'action d'une dose d'oestrogènes sur la sécrétion de l'hormone hypophysaire LH.** L'expérience a été réalisée chez une guenon incapable de fabriquer de l'oestrogène.

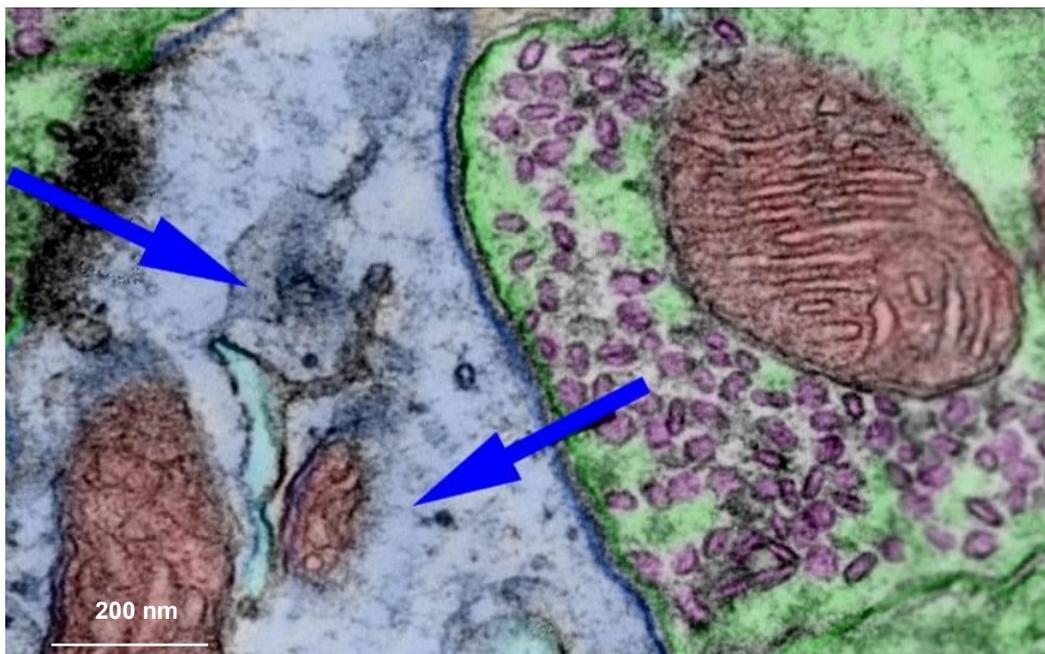
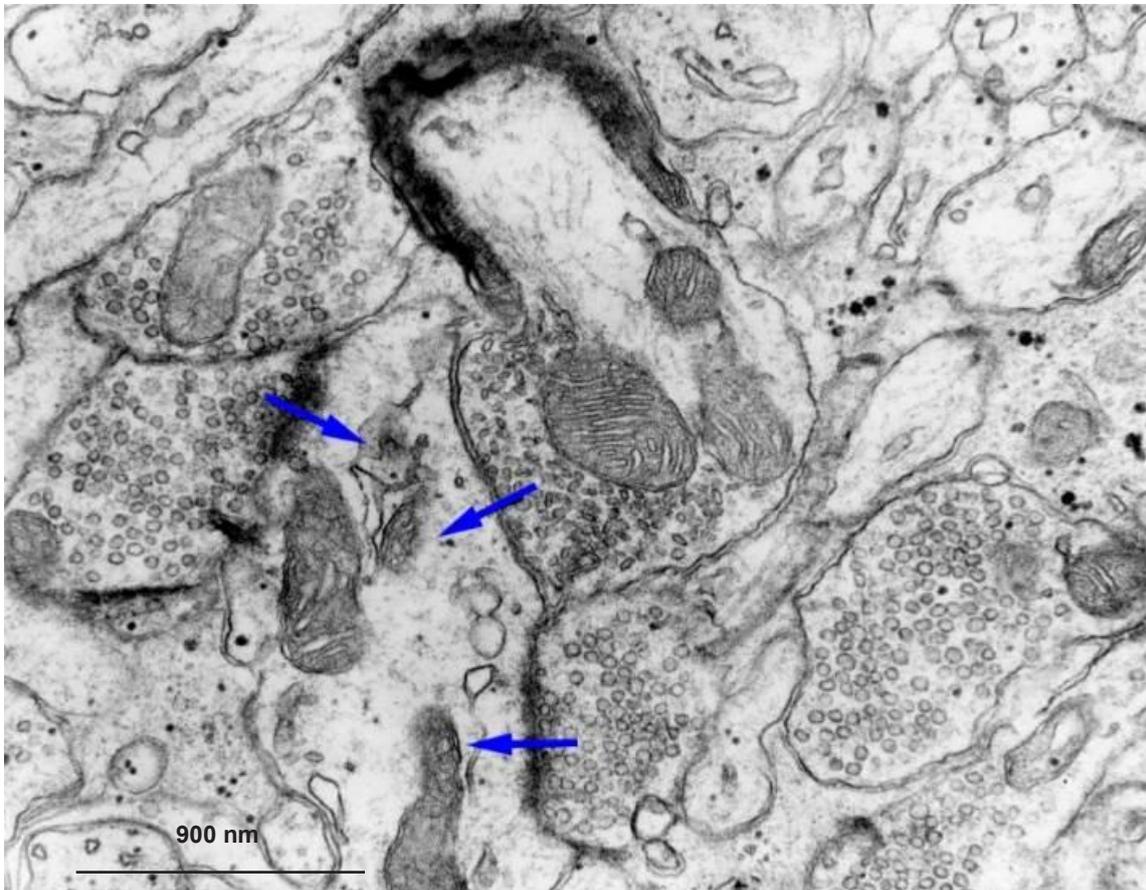
**Tournez la page S.V.P.**

## Document 6 – La neurotransmission

### Document 6A – Observation de synapses neuro-neurales au microscope électronique à transmission (MET)

<https://www.histologyguide.com>

Le sens de transmission du message nerveux est indiqué par des flèches bleues.



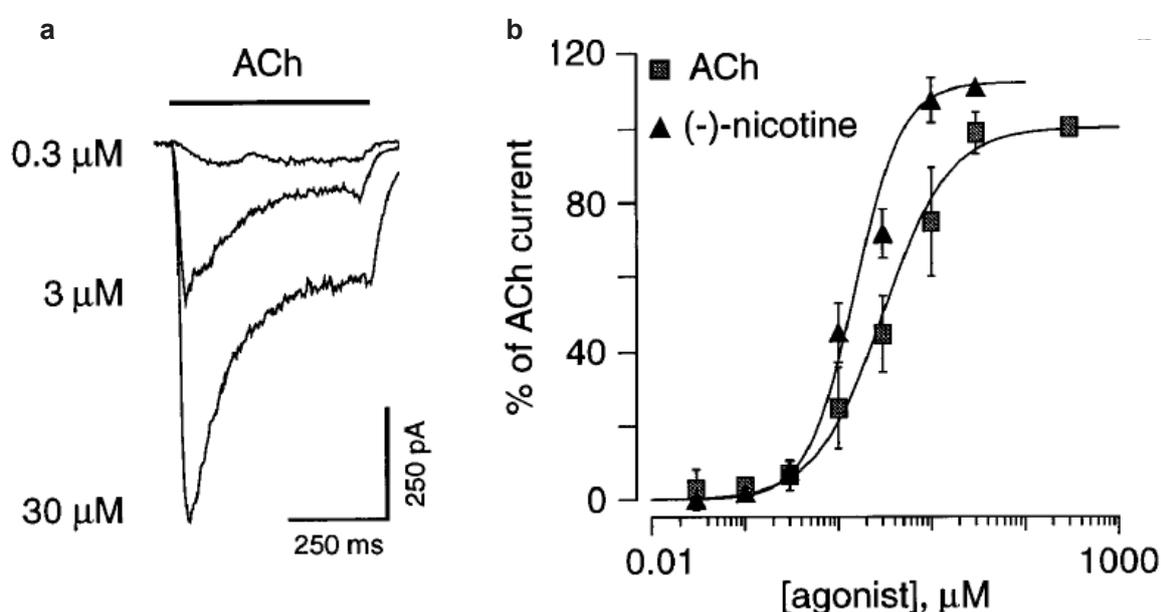
Détail de l'électronographie précédente en fausses couleurs

## Document 6B – Etude des propriétés électrophysiologiques d'un récepteur nicotinique de type neuronal par la technique de patch-clamp

*D'après Buisson B., Gopalakrishnan M., Arneric S.P., Sullivan J.P. et Bertrand D. – Human  $\alpha_4\beta_2$  Neuronal Nicotinic Acetylcholine Receptor in HEK 293 Cells : A Patch-Clamp Study- The Journal of Neuroscience, 1996.*

Les récepteurs nicotiques de l'acétylcholine (nAChR) sont des récepteurs canaux, sensibles à la nicotine, dont l'ouverture est déclenchée par la liaison avec l'acétylcholine. Dans les conditions physiologiques, l'ouverture du canal entraîne un flux entrant de  $\text{Na}^+$  dans la cellule. On s'intéresse ici à un récepteur nicotinique de type neuronal, abondant dans le cerveau humain, le récepteur  $\alpha_4\beta_2$  nAChR.

On fait exprimer des récepteurs  $\alpha_4\beta_2$  nAChR par des cellules embryonnaires de rein. Les propriétés électrophysiologiques des récepteurs sont étudiées par la technique de patch clamp, en configuration cellule entière. Dans cette configuration, le courant détecté résulte du flux ionique à travers l'ensemble des canaux de la membrane. Le voltage est fixé à  $-100$  mV. Les cellules sont perfusées brièvement avec des solutions contenant de l'acétylcholine ou de la nicotine à différentes concentrations.



**a – Courants enregistrés en présence d'acétylcholine à 3 concentrations différentes (patch clamp cellule entière, voltage imposé)**

ms : millisecondes. pA : picoAmpères.

La barre noire ACh représente la durée pendant laquelle l'acétylcholine est appliquée.

**b – Courbes doses-réponses pour différentes concentrations en acétylcholine et en nicotine**

L'axe des abscisses représente la concentration d'ACh ou de nicotine en  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\mu\text{M}$ ).

L'axe des ordonnées représente l'intensité du courant enregistré en pourcentage du courant maximal enregistré en présence d'ACh.

Les valeurs correspondent aux moyennes  $\pm$  l'erreur standard à la moyenne.

Tournez la page S.V.P.

## Document 6C – Etude de la modulation cholinergique dans le néocortex grâce à la bioluminescence de l'aequorine

*D'après Ludovic Tricoire – La bioluminescence de l'aequorine en réponse au calcium in vitro et dans le cortex cérébral. Neurosciences [q-bio.NC]. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2006.*

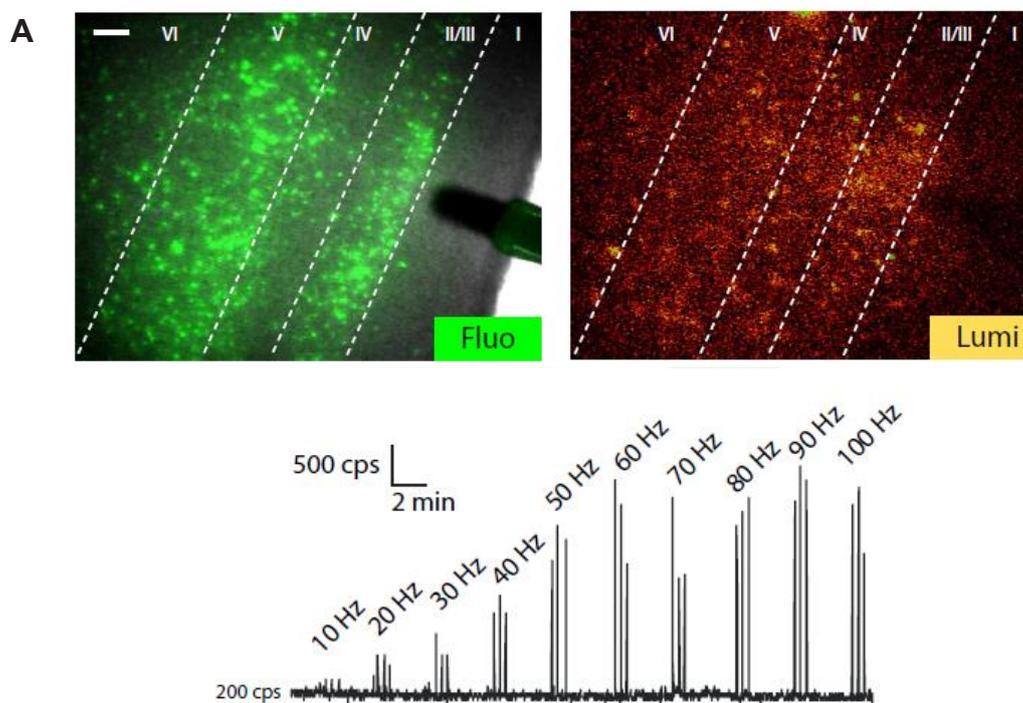
Le néocortex est sous l'influence de systèmes modulateurs tels que le système cholinergique. Ce dernier intervient dans les processus d'attention et d'apprentissage. La dégénérescence des neurones cholinergiques est impliquée dans diverses maladies neuro-dégénératives comme la maladie d'Alzheimer. On s'intéresse ici à la modulation des activités corticales par l'acétylcholine.

Le néocortex est une fine épaisseur de substance grise formée de six couches numérotées de I à VI à partir de la surface, plus ou moins riches en corps cellulaires de neurones. Au contact de la couche VI se trouve la substance blanche sous-corticale formée de fibres nerveuses myélinisées.

Des tranches fines de néocortex de rats ont été infectées par un virus recombinant possédant la construction génétique GFP-aequorine. Après transfert de gène, les neurones néocorticaux expriment deux protéines associées, la GFP et l'aequorine. La GFP, protéine fluorescente, permet de visualiser les neurones transfectés. L'aequorine est une protéine bioluminescente lorsqu'elle est liée au calcium. La transmission synaptique étant corrélée à une augmentation de calcium intracellulaire, la bioluminescence de l'aequorine permet ainsi de visualiser l'activité des neurones.

### **Expérience A : Réponse du réseau néocortical aux stimulations électriques**

Dans cette expérience, on stimule le réseau néocortical de manière locale, avec une électrode située au niveau de la couche I. Des stimulations de fréquence croissante sont appliquées. Les résultats sont présentés ci-dessous (A). Des stimulations électriques réalisées avec une électrode placée dans la substance blanche sous-corticale donnent des réponses similaires.



En haut, à gauche, image (**Fluo**) de la tranche de néocortex observée en fluorescence GFP. L'électrode de stimulation est placée dans la couche I. Barre d'échelle : 100 μm.

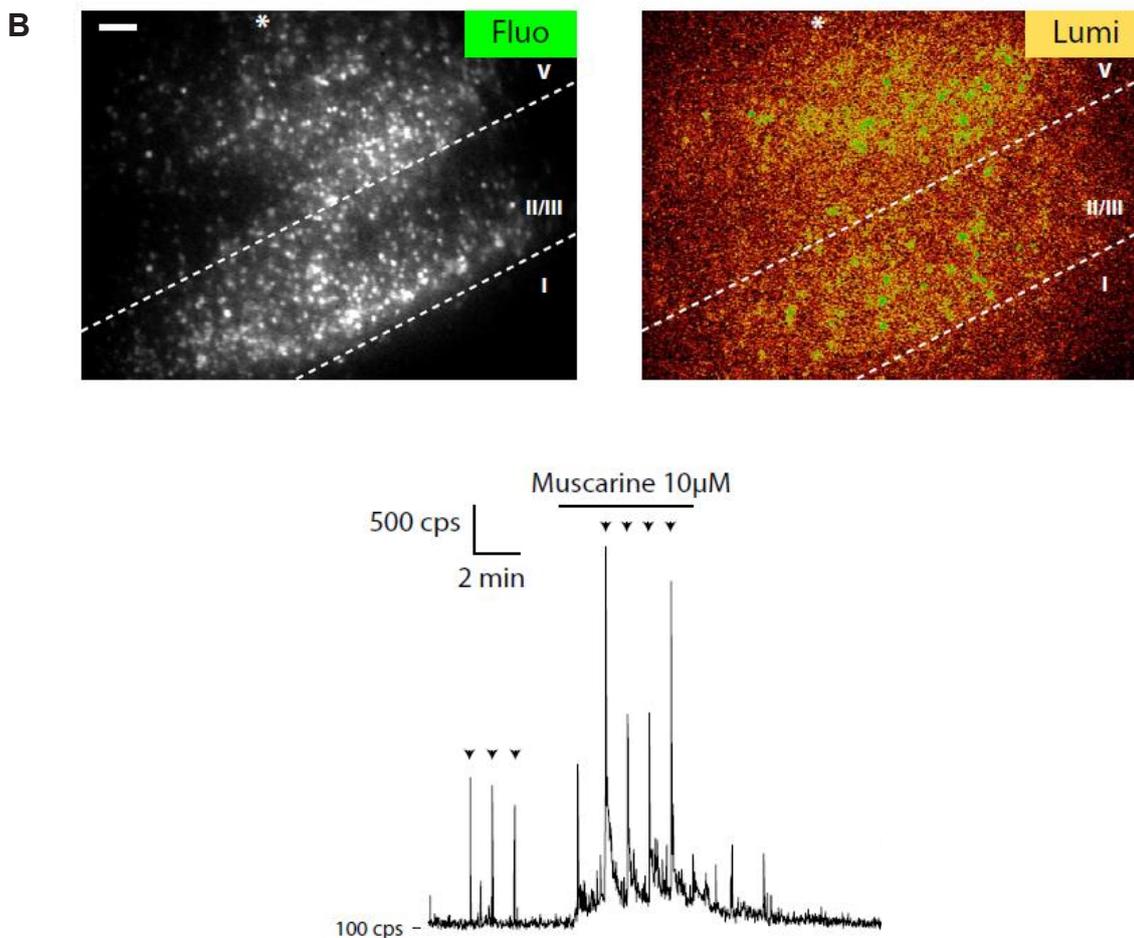
En haut, à droite, image (**Lumi**) de la réponse bioluminescente aux stimulations électriques, intégrée sur l'ensemble du tracé ci-dessous.

En bas, tracé montrant les réponses bioluminescentes, mesurées sur le champ total d'observation, à des stimulations électriques de fréquence croissante. Pour chaque fréquence, trois stimulations ont été effectuées. Le temps est lu horizontalement (en minutes). La réponse bioluminescente est lue verticalement (en coups par seconde).

## **Expérience B : Modulation des réponses du réseau néocortical aux stimulations électriques par la muscarine, un agoniste de l'acétylcholine**

L'acétylcholine peut agir sur les neurones néocorticaux via l'activation de deux grands types de récepteurs : les récepteurs nicotiques et les récepteurs muscariniques, récepteurs métabotropes qui agissent via des protéines G. On utilise dans l'expérience suivante la muscarine, agoniste de l'acétylcholine sur les récepteurs muscariniques.

Le réseau néocortical est stimulé par une électrode placée ici au niveau de la substance blanche sous-corticale. La muscarine est appliquée au cours de l'expérience. Les résultats sont présentés ci-dessous (B). L'expérience a été répétée sur huit tranches de néocortex et les résultats sont similaires. Par ailleurs, la même expérience avec une électrode placée dans la couche I donne des résultats comparables.



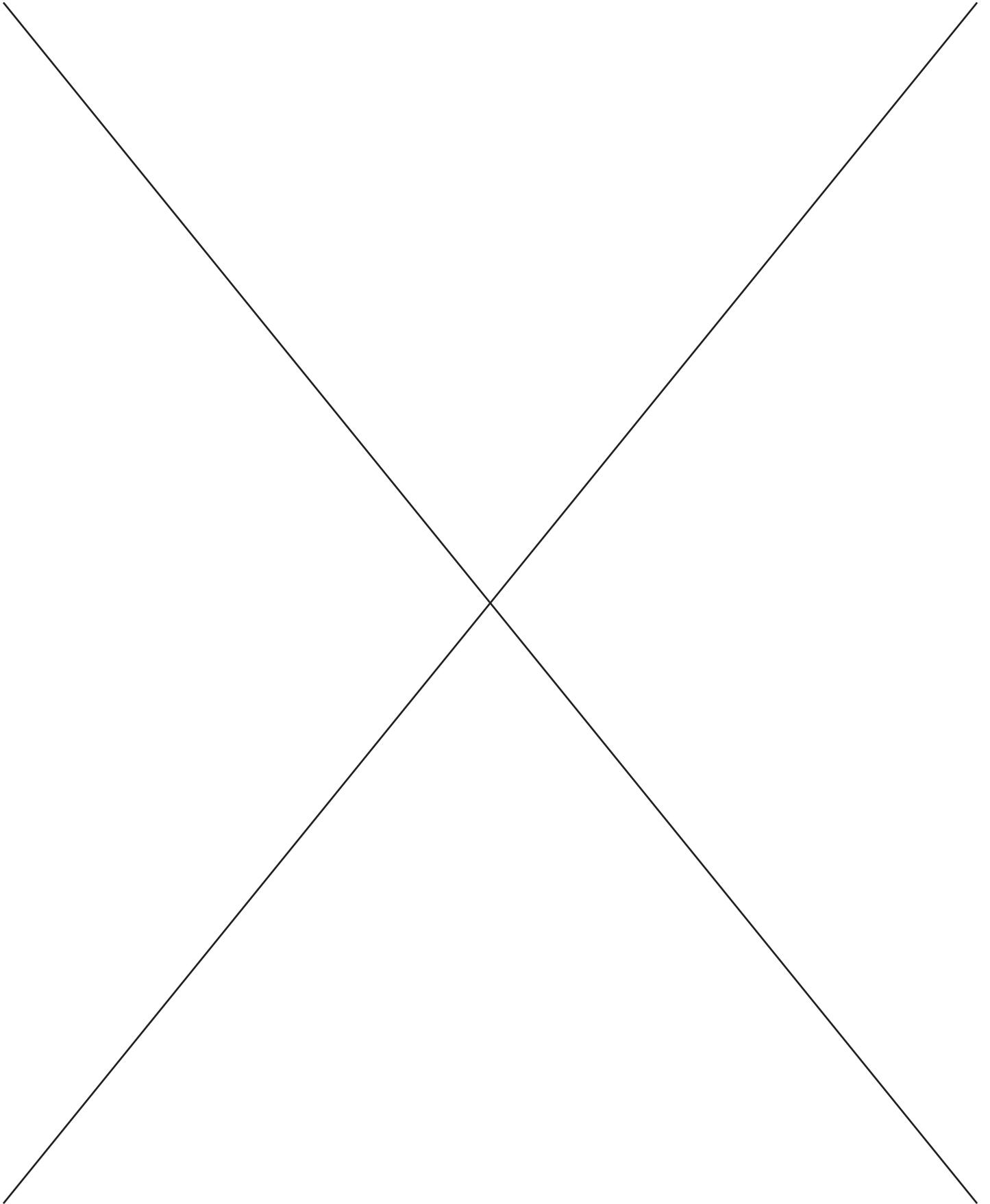
En haut à gauche, image (**Fluo**) de la tranche de néocortex observée en fluorescence GFP. Astérisque : position de l'électrode de stimulation. Barre d'échelle : 100 μm.

En haut à droite, image (**Lumi**) de la réponse bioluminescente intégrée sur le tracé montré en bas. *Remarque : tout le tracé n'est pas montré, d'autres stimulations ont été réalisées par la suite.*

En bas, tracé montrant le signal en bioluminescence mesuré sur le champ total d'observation. Pointe de flèche : stimulation électrique. Les stimulations électriques sont toutes de même fréquence. La barre noire représente la durée pendant laquelle la muscarine est appliquée (à 10 μmol.L<sup>-1</sup>).

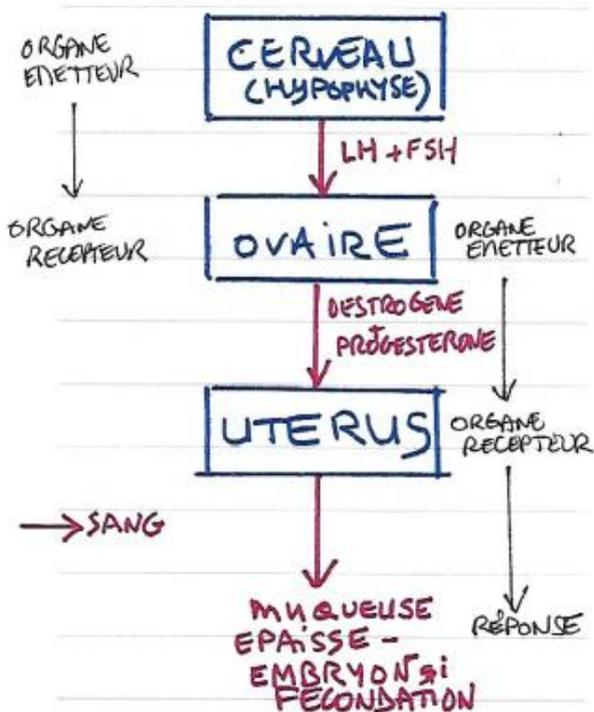


**NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE**



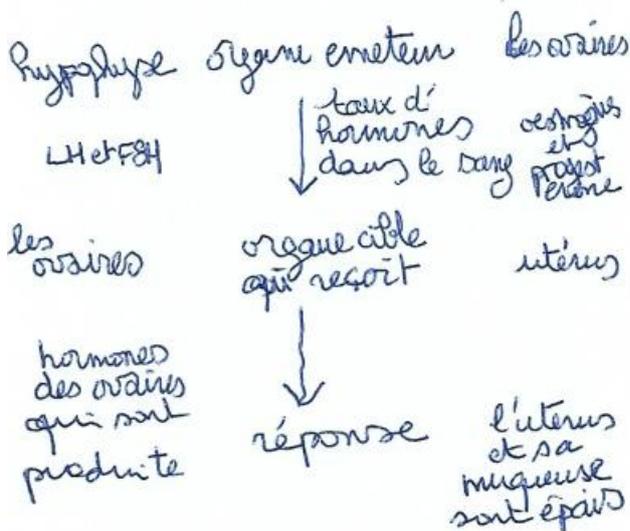
Production de l'élève 1

ELÈVE 1



Production de l'élève 2

ELÈVE 2



La communication hormonale

