

Les systèmes nerveux et locomoteur avec *elegans* : proposition d'activités

Contexte

Les activités proposées sont prévues pour s'insérer en 9H dans les chapitres qui portent sur les systèmes nerveux et locomoteur (séquences 15 et 16 des Moyen d'Enseignement Romands). Elles peuvent prendre place en tout début de séquence sur le système nerveux ou en parallèle des activités proposées dans les MER.

Les modes de déplacement de *C. elegans* sont relativement limités et dépendent de la surface : la reptation et la nage. Cependant, ses cellules musculaires fonctionnent selon le même principe que celles des vertébrés, dont l'humain : contractions/relâchements alternés. En ce qui concerne le système nerveux, l'étude de l'organisme modèle *C. elegans* a joué un rôle très important dans la compréhension du fonctionnement de ce système chez l'humain et est encore très utilisé dans la recherche de traitements contre certaines maladies neurologiques. En proposant d'expérimenter et d'observer les réactions d'un organisme pluricellulaire simple à différents stimuli, les activités proposées permettent d'adopter une autre perspective sur les fonctions et la structure des systèmes nerveux et locomoteur chez l'humain. Nos propositions ont pour atout d'aborder ces thèmes par le biais d'une démarche expérimentale, démarche assez peu mise en œuvre dans les programmes de 9H.

Objectifs PER

Les objectifs du PER qui peuvent être travaillés ou mis en lien avec ces activités, sont les suivants :

MSN 37 – Analyser les mécanismes des fonctions du corps humain et en tirer des conséquences pour sa santé.

- Acquisition d'une représentation sommaire des sens par l'expérimentation
- Acquisition d'une représentation du système nerveux central
- Explication du fonctionnement des sens, de la motricité volontaire et des réflexes (récepteurs sensoriels, nerfs sensitifs, système nerveux central, nerfs moteurs et muscles)
- Acquisition d'une représentation du système locomoteur
- Analyse des structures nécessaires aux mouvements (muscles, articulations, tendons, ligaments)

MSN 38 – Analyser l'organisation du vivant et en tirer des conséquences pour la pérennité de la vie.

- Préparation d'un protocole d'observations
- Élaboration d'un dispositif permettant d'effectuer les observations
- Observation expérimentale d'un phénomène
- Mise en évidence de l'origine de la biodiversité (évolution)

Matériel

- Des boîtes de pétri à commander sur le site d'AutreSens contenant *C. elegans* ou des échantillons de litière/compost.
Si les vers doivent être utilisés sur plusieurs périodes, il est possible de prolonger leur conservation en les maintenant au frais (dans une cave par exemple, pas au frigo !).
- Eventuellement des boîtes de pétri contenant un milieu de culture pour *C. elegans* (à commander sur le site d'AutreSens)
- Loupes binoculaires
- Eventuellement : microscopes, lames, lamelles, pipettes, tubes Eppendorf
- Cure-dents, colle ou vernis à ongle
- Stylos feutres indélébiles
- Beurre de cacahouète (de préférence un produit avec 100% de cacahouètes)
- Eventuellement : autres substances ou conditions à tester (divers aliments, alcool, lumière, gradient de température, ...)
- Fiches d'activité *Systèmes nerveux et locomoteur avec elegans*
- Fiches de théorie *Système nerveux, Système locomoteur et Parenté*
- Fiches *Guide d'observation* et *De la boîte au microscope*

Préparation préalable

C. elegans étant naturellement présent dans la litière et le compost, il est possible de récolter des spécimens lors de l'activité liée à la biodiversité des sols (séquence 21 des MER) et de les élever sur un échantillon de compost régulièrement alimenté et humidifié. Si l'on souhaite s'assurer d'avoir suffisamment de spécimens et qu'ils appartiennent à l'espèce *C. elegans*, il suffit d'en commander via le formulaire sur le site d'AutreSens, au minimum 1 semaine avant l'activité.

Ressources utiles

www.wormatlas.org

Vidéo de la reptation de *C. elegans* : <https://www.youtube.com/watch?v=GgZHziFWR7M>

Vidéo de la nage de *C. elegans* : <https://www.youtube.com/watch?v=qDvSYxNGSNg>

Déroulement des activités

Selon les objectifs et le temps à disposition, l'enseignant.e peut choisir d'effectuer la totalité (environ 4 périodes) ou une partie des activités proposées dans le dossier d'activités. Une version complétée est disponible.

La séquence débute par un questionnement : pourquoi les vers se déplacent-ils ? Quels sont les stimuli qui pourraient les pousser à se déplacer ? Cette question permet de faire le lien avec le rôle des sens chez l'être humain et la notion de stimulus.

Partie 1 : observation et manipulation de *C. elegans* (1-2 périodes)

Cette partie a pour objectif d'observer le plan corporel polarisé du nématode, son mode de déplacement (reptation et nage) et de tester ses réactions face aux stimuli mécaniques (liés au sens du toucher), tout en s'entraînant à manier la loupe binoculaire. Il permet également de mettre en évidence l'origine de nos connaissances concernant le fonctionnement du système nerveux (modélisation de la réponse à un stimulus).

La stimulation mécanique (*gentle touch*) se fait avec l'aide d'un outil constitué d'un cil dont la partie la plus épaisse est collée à l'extrémité d'un cure-dent (avec l'aide de vernis à ongle par exemple). Elle nécessite une certaine habileté et précision. Le *gentle touch* est détecté par 6 neurones chez *C. elegans*. On peut observer que toucher la moitié postérieure, en particulier juste derrière le pharynx déclenche ou accélère un mouvement vers l'avant.

Toucher la moitié inférieure, en particulier juste avant l'anus, induit un mouvement vers l'arrière. Un stimulus au milieu du corps, au niveau de la vulve chez les hermaphrodites donne des résultats ambigus car les deux circuits sensoriels peuvent être activés.

La stimulation thermique à l'aide d'une aiguille chauffée portée à proximité de la tête d'un spécimen induit une réponse de *thermal avoidance*. Les neurones thermosensibles sont situés dans la tête de l'animal dans des amphibes, les organes chimio sensoriels chez *C. elegans*.

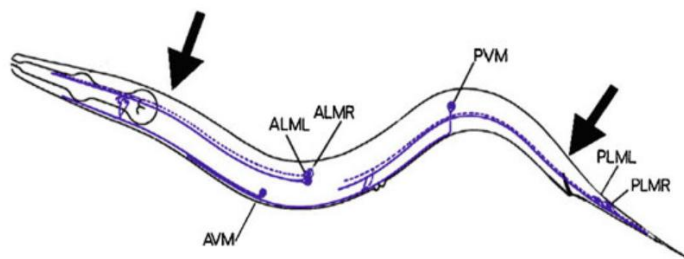


Image : localisation des 6 neurones sensitifs sensibles au *gentle touch*.

http://www.wormbook.org/chapters/www_behavior/behavior.html#sec2

La fiche de théorie permet d'institutionnaliser les concepts de polarité du corps et de céphalisation, deux caractéristiques des animaux bilatériens.

Les points f) et h) nécessitent que les notions de récepteurs sensoriels et modélisation des étapes de la réponse à un stimulus aient déjà été abordés en classe.

Le point g) permet de transférer ce qui a été appris lors de la séquence sur le système locomoteur humain à celui du nématode.

Partie 2 : démarche expérimentale (2 périodes)

Cette partie a pour objectif de tester par l'expérimentation les réactions de *C. elegans* face à des stimuli de nature chimique (chimiotaxie), en quelques sortes son «sens de l'odorat ».

Selon le niveau des élèves et les objectifs, la démarche peut être plus ou moins dirigée par l'enseignant·e. Les élèves imaginent un protocole permettant de vérifier leur hypothèse. Selon le niveau des élèves et les objectifs, l'enseignant·e peut fournir le protocole (voir ci-dessous). Il faut dans tous les cas rendre les élèves attentifs au fait qu'ils doivent réfléchir à un moyen de savoir si les *C. elegans* sont attirés ou repoussés face à un stimulus spécifique et qu'ils doivent prévoir un témoin. Ils doivent aussi réfléchir à la manière dont ils vont interpréter les résultats : comment savoir si les *C. elegans* ont réagi à la substance (ils se trouveront majoritairement dans la zone test de la boîte) ? Comment savoir s'ils ne sont ni attirés ni repoussés (ils seront dispersés de manière uniforme dans toute la boîte) ?

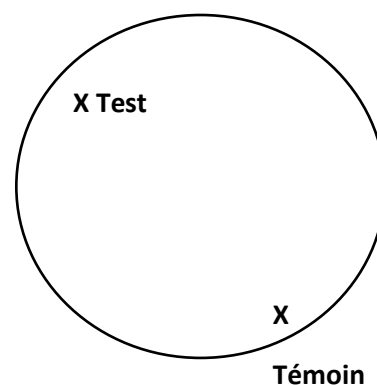
Les expériences sont ensuite lancées et il faut prévoir en tout cas 30 minutes, idéalement plus, avant de relever les résultats. Durant ce temps, la partie 3 du dossier peut être complétée ou alors les activités proposées dans les MER.

Protocole d'expérience de chimiotaxie

Matériel par groupe :

- Une boîte de pétri avec des vers *C. elegans* (à commander sur le site d'AutreSens)
- Substances à tester (*C. elegans* est attiré par exemple par les solutions de NaCl 0.2-200mM, l'alcool d'isoamyle et le beurre de cacahuète. Il fuit le détergent, les acides et les métaux lourds comme le cuivre)
- De l'éthanol (substance contrôle : il est connu que *C. elegans* y est indifférent).

- 1) Déposer une petite quantité de beurre de cacahuète ou autre substance à tester sur le gel, proche du bord de la boîte
- 2) Déposer une goutte d'éthanol à l'autre extrémité de la boîte (témoin)
- 3) Fermer la boîte et la laisser reposer de préférence à l'abri de la lumière et de la chaleur (afin de ne pas perturber les vers)



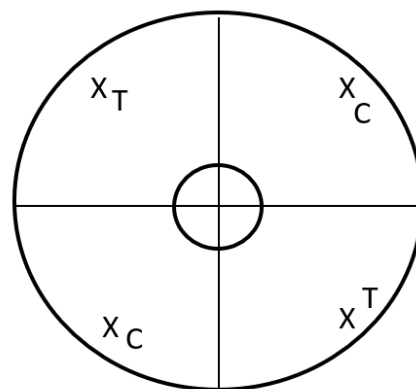
Après le temps d'attente, les élèves reprennent leurs boîtes et relèvent les résultats à la loupe binoculaire. La précision de cette étape dépend à nouveau des attentes de l'enseignant.e. Les élèves peuvent compter le nombre de vers situés dans une certaine zone démarquée autour des substances test et témoin ou alors simplement évaluer à vue d'œil si une zone est plus riche en vers qu'une autre. Hors du contexte d'un laboratoire de recherche et de la mise en œuvre de méthodes quantitatives rigoureuses, il peut être difficile d'obtenir des résultats concluants. Cependant, le beurre de cacahouète est proposé ici car les vers en raffolent et il est souvent facile de déterminer d'un simple coup d'œil que les vers sont bien plus nombreux autour de cette substance que dans le reste de la boîte.

Pour des expériences menées dans des classes de degrés supérieurs, ou pour des options sciences :

Protocole d'expérience de chimiotaxie (complexe mais plus proche des véritables expériences réalisées en laboratoire sur les vers)

Matériel par groupe :

- Une boîte de pétri avec des vers *C. elegans* (à commander sur le site d'AutreSens)
- Une boîte de pétri remplie d'agar sans bactéries (à commander sur le site d'AutreSens ou à réaliser soi-même)
- Un tube Eppendorf, une pipette
- Un feutre marqueur
- Substances à tester (*C. elegans* est attiré par exemple par les solutions de NaCl 0.2-200mM, l'alcool d'isoamyle et le beurre de cacahouète. Il fuit le détergent, les acides et les métaux lourds comme le cuivre)
- De l'éthanol (substance contrôle : il est connu que *C. elegans* y est indifférent).



- 1) Tel qu'indiqué sur le schéma ci-contre, tracer au marqueur quatre quadrants sur le dessous de la boîte contenant uniquement l'agar et les annoter. Entourer l'intersection des deux lignes d'un cercle de 0.5 cm de diamètre.
- 2) Déposer une goutte de la substance à tester dissoute dans de l'éthanol à chacun des deux emplacements « test » et une goutte d'éthanol à chacun des deux emplacements « témoin ».
- 3) Pipetter un nuage de ver en essayant d'aspirer le minimum d'eau (cf. protocole *De la boîte au microscope*) et le déposer au centre de la boîte. On observe que les vers sont pris au piège par la tension superficielle de la goutte d'eau, il peut être nécessaire de souffler délicatement sur la goutte pour accélérer l'évaporation ou d'utiliser un feuillet d'un mouchoir pour absorber très délicatement l'eau en excès.

4) Fermer la boîte et laisser les vers se disperser durant environ 60 minutes.

Après le temps d'attente, compter les vers à la loupe dans chaque quadrant. Les individus restés dans le cercle central ne sont pas comptés.

Selon le niveau des élèves, il est possible de calculer l'index de chimiotaxie :

Index de chimiotaxie = nombre de vers dans les deux quadrants test – nombre de vers dans les deux quadrants contrôle/ totale des vers pris en compte. Un index de 1.0 indique une attraction maximale vers la substance test (100% des vers se trouvent vers la substance test). Un index de -1.0 indique une répulsion maximale.

Si le temps ne suffit pas pour effectuer le comptage des vers après 60 minutes, il est possible de placer les boîtes à 4°C (après le temps d'attente de 60 minutes) durant plusieurs jours afin de bloquer les résultats. Le froid paralysera les vers à l'emplacement qu'ils ont atteint).

Partie 3 : *C. elegans*, si différent de l'humain ?

Cet ensemble d'activité permet de mettre en évidence les différences et les similitudes entre les systèmes nerveux et locomoteur de l'humain (l'enseignant.e fournit un document de référence sur ces derniers) et ceux de *C. elegans*. Même si l'humain est très différent du nématode, ils partagent tous les deux des fonctionnements et des structures similaires. Ces caractéristiques communes sont héritées d'ancêtres communs. La parenté du vivant est un élément d'explication à l'utilisation d'organismes modèles pour étudier l'humain.

Les informations figurent sur les fiches de théorie *Parenté*, *Système nerveux* et *Système locomoteur*.