

# 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).

L'étude de l'organisme modèle *C. elegans* a joué un rôle important dans la compréhension du fonctionnement du système nerveux 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 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 sur le site d'AutreSens contenant *C. elegans* ou des échantillons de litière
- Des boîtes de pétri contenant un milieu de culture sans *E.coli* (expérience témoin)
- Loupes binoculaires
- Cure-dents, colle ou vernis à ongle
- Stylos feutres indélébiles
- Tubes Eppendorf
- Pipettes
- Substances ou autres à tester (nourriture, 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](http://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

### Partie 1 : démarche expérimentale

Cet ensemble d'activités a pour objectif de tester par l'expérimentation les réactions de *C. elegans* face à des stimuli chimiques ou physiques.

Lors d'une première séance, les élèves formulent des hypothèses à propos des stimuli pouvant être à l'origine des déplacements de *C. elegans*. Ces hypothèses peuvent être mises en commun et leur validité peut être discutée. L'enseignant·e peut mettre en évidence que les mouvements sont induits par une substance ou par un stimulus perçus comme attractifs ou répulsifs pour l'animal.

Selon le niveau des élèves et les objectifs, la démarche peut être ensuite plus ou moins dirigée par l'enseignant·e et la question scientifique peut être plus ou moins générale :

-Il est possible d'investiguer la question générale de départ « A ton avis, pour quelle(s) raison(s) se déplacent-ils ? Quels peuvent être les stimuli les poussant à se déplacer ? » et de laisser libre court à l'imagination des élèves pour concevoir des expériences

permettant de vérifier la réaction de *C. elegans* face à différentes substances, à la lumière, à la température, au bruit, ...

-Il est également possible de spécifier la question (par exemple : « *C. elegans* possède-t-il un sens de l'odorat ? Si oui, par quelles substances est-il attiré ? ») afin de se limiter aux réactions de l'animal face à des stimuli chimiques (attraction ou répulsion face à diverses substances odorantes). Les élèves imaginent ensuite un protocole permettant de vérifier leurs hypothèses. Selon le niveau des élèves et les objectifs, l'enseignant·e peut proposer une liste de matériel et de substances à tester, voire 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 plutôt dans 2 quadrants de la boîte) ? Comment savoir s'ils ne sont ni attirés ni repoussés (ils seront dispersés de manière uniforme dans tous les quadrants de la boîte) ?

Remarque : 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 pour le test de diverses substances connues comme étant attractives ou répulsives pour *C. elegans*. Si l'on souhaite obtenir des résultats spectaculaires, on peut se restreindre à tester du beurre de cacahouète uniquement car *C. elegans* en raffole. La question de départ peut être spécifiée par exemple ainsi : « *C. elegans* est-il capable de détecter l'odeur du beurre de cacahouète ? Si oui, est-il attiré ou repoussé par ce stimulus ? ».

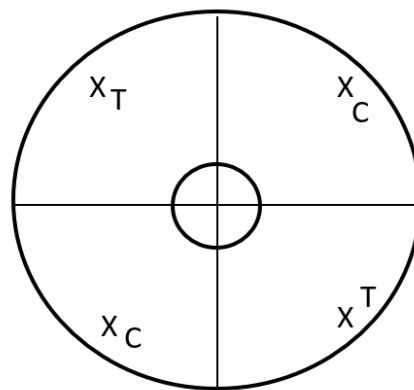
Le protocole ci-dessous peut être mis en œuvre lors d'une séance suivante :

#### Protocole d'expérience de chimiotaxie

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).

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.



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 ». 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. 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 2 : observation et manipulation de *C. elegans*

Cet ensemble d'activités a pour but de permettre aux élèves de s'entraîner à manier la loupe binoculaire afin de constater la polarité du corps de *C. elegans*, d'observer leur réaction face à des stimuli mécaniques et thermiques et de comprendre comment ils se déplacent par reptation. 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 amphides, les organes chimio sensoriels chez *C. elegans*.

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

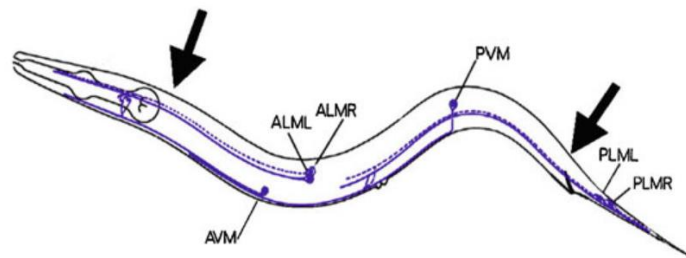


Image : localisation des 6 neurones sensitifs sensibles au *gentle touch*.

[http://www.wormbook.org/chapters/www\\_behavior/behavior.html#sec2](http://www.wormbook.org/chapters/www_behavior/behavior.html#sec2)

### 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 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*.