

CHAPITRE IV

LES ORGANES SENSORIELS

I. Généralités

Les organes sensoriels ont pour fonction de traduire des stimulus physiques en impulsions nerveuses. Ils comprennent une ou plusieurs cellules sensorielles associées le plus souvent à une structure spécialisée pour recevoir les stimuli. Chez les insectes les cellules sensorielles sont des cellules épidermiques modifiées. Ces cellules ou neurones sensoriels peuvent être multipolaires, leurs nombreuses dendrites innervant l'épiderme, les muscles somatiques ou viscéraux, tandis que leur axone se dirige vers le système nerveux central.

II. Les Mécanorécepteurs

L'exosquelette des arthropodes par sa rigidité offre de remarquables possibilités pour le développement de mécanorécepteurs.

Les mécanorécepteurs peuvent correspondre à des structures cuticulaires simples: soies, dômes isolés ou groupés en plaques. Ils peuvent être des récepteurs internes mais reliés à la cuticule, ils forment alors souvent des organes complexes : organes de Johnston, organes tympaniques, des organes de tension avec un élément conjonctif ou un muscle spécial existent également chez les insectes.

II.1 Sensilles trichoïdes

La sensille trichoïde ou poil tactile représente le type le plus simple de sensilles; une soie relié au tégument par une membrane articulaires recevant et transmettant le stimulus (fig. 9), et associée à une cellule sensorielle et à deux ou trois cellules auxiliaires (fig.10). Une **cellule trichogène** particulièrement grande et vacuolisée produit la soie. Une **cellule tormogène** sécrète la membrane d'articulation ; Une cellule sensorielle envoie proximale un axone qui traverse la membrane basale de l'épiderme, rejoint d'autres fibres nerveuses et se dirige vers le système nerveux central.

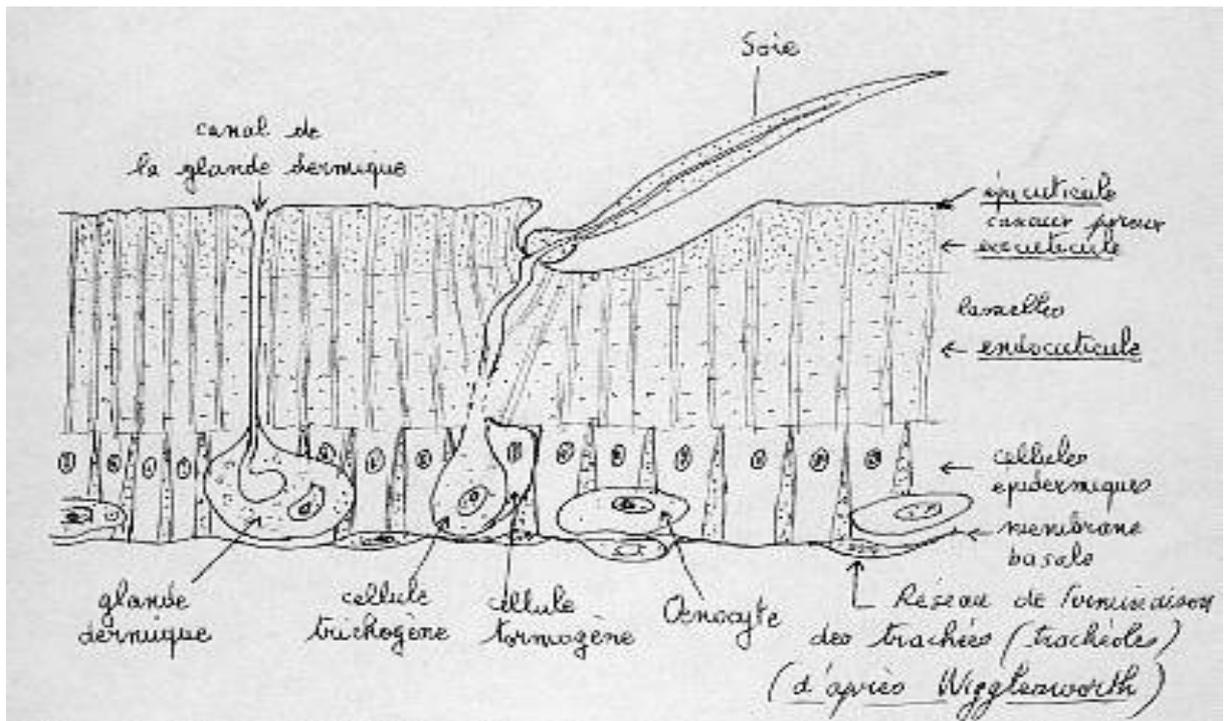


Figure 9 : Anatomie de la cuticule avec une sensille trichoïdes articulée.

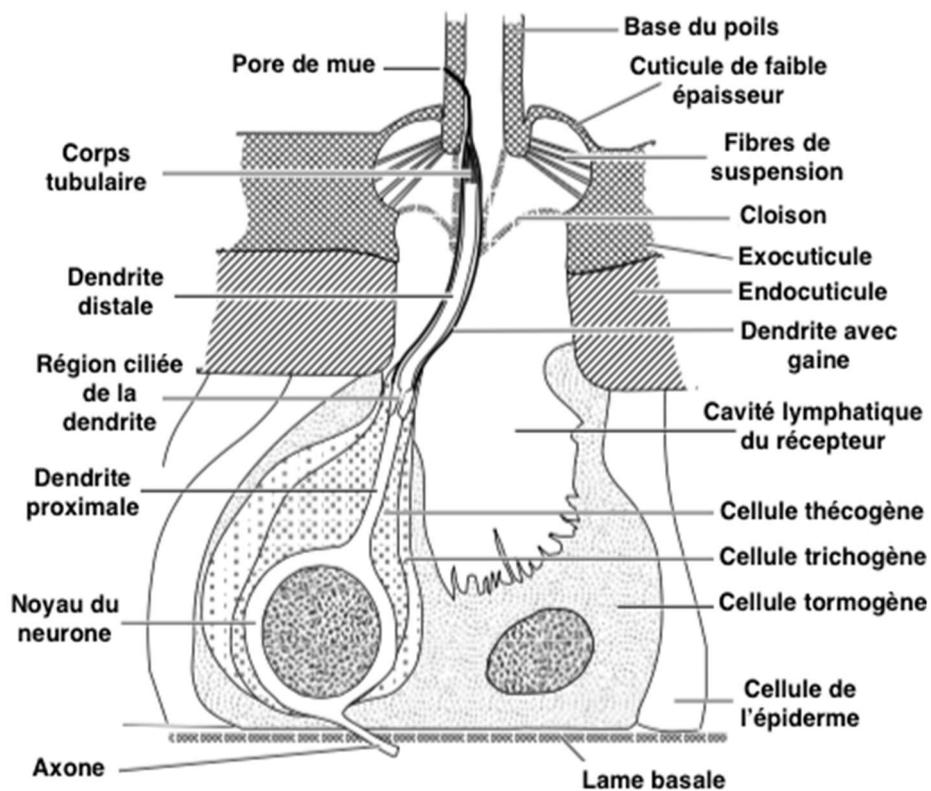


Figure 10 : Anatomie d'une sensille trichoïde

Les mécanorécepteurs manifestent de différentes modalités ; dans un grand nombre de cas la réponse est Phasique ; un potentiel ne se développe que lors du mouvement de la soie, lors de sa courbure, ou de son redressement. D'autres soies ont une réponse tonique, créant un potentiel d'action pendant toute la durée du stimulus. Les sensilles trichoides sont très largement distribuées sur tous le corps. Le sens tactile est assuré par des soies en contact avec le substrat: antenne, tarse.

a/ Les sensilles sont de type phasique : Les stimuli tactiles sont recueilli pour l'appréciation du milieu, l'orientation spatiale, l'examen de la nourriture ces sensille peuvent répondre également aux vibrations transmises par le substrat ou par l'air.

* Les sensilles des cerques d'Orthoptères ont une sensibilité optimale d'un peu mois de 100 Hz. Elles sont donc peut apte à la réception des signaux sonores de haute fréquence

* Les soies des cerques des blattes peuvent participer a la perception des chants de stridulations ces soies répondent également aux bouffées d'air et sont responsables des mouvements rapides de fuite de l'insecte

b/ Les sensilles trichoides toniques:

Situées sur l'aile, la région faciale de la tête fournissant des informations sur les mouvements de l'air ou de l'eau par rapport au corps. Chez *Schistocerca*, *Locusta*, des soies sont réparties selon leur sensibilité directionnelle en cinq groupes de chaque coté du front et du vertex. Elles permettent à l'insecte de s'orienter par rapport au vent lorsqu'il est au sol, de contrôler la direction de son vol.

II-2. Sensille campaniforme :

La structure des sensilles campaniformes est tout à fait comparable à celle des sensilles trichoïde: sensilles associée à trois cellules accessoires qui délimitent un espace extracellulaire, structure ciliaire et scolops dans la dendrite; un dôme cuticulaire remplace la soie, (fig. 11) le dôme circulaire ou ovale est formé d'une endocuticule assez épaisse et d'une exocuticule très mince. Le scolops qui enveloppe l'extrémité de la dendrite se termine dans un canal creusé dans le dôme.

La sensille campaniforme contrairement au poil tactile, est emboîtée de façon rigide dans le tégument elle répond aux pressions qui s'exercent sur la cuticule. Les sensilles

campaniformes sont nombreuses sur les pattes, chez les blattes 70 sensilles sont réparties en trois groupes ventraux et un groupe dorsal sur le trochanter. Elle enregistre les tensions produites par le poids du corps sur les pattes,

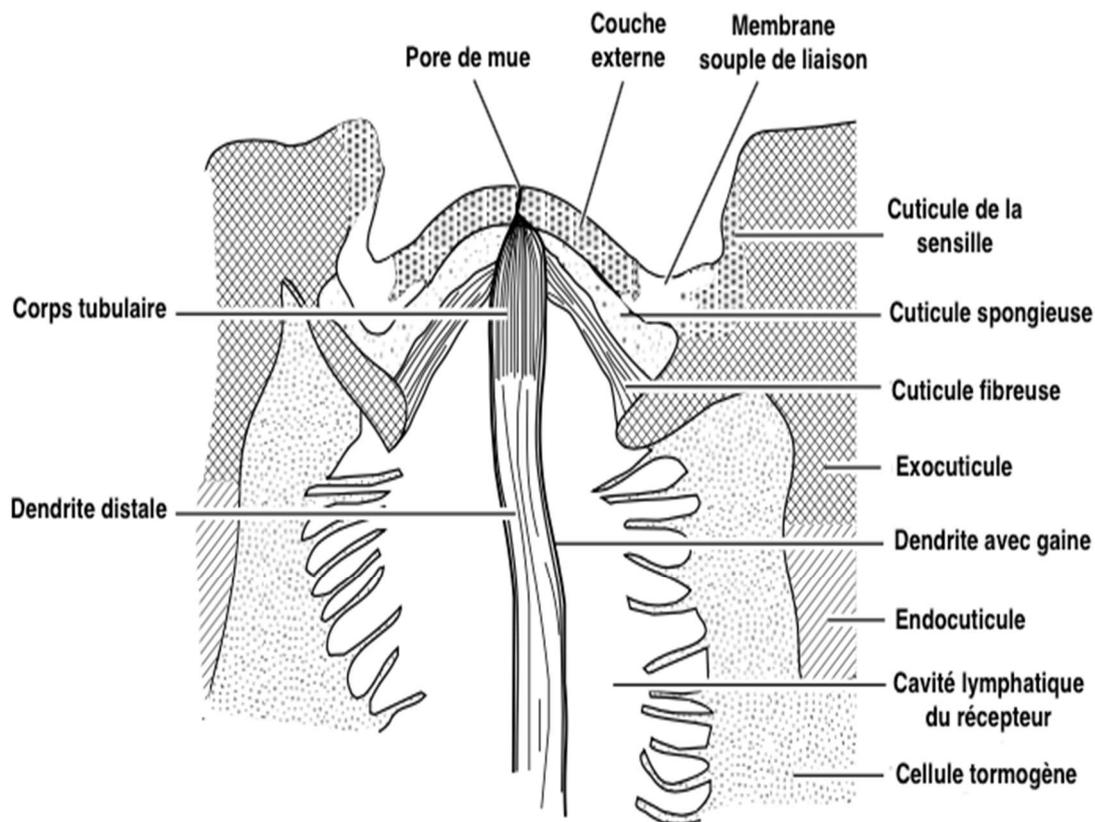


Figure 11 : Coupe transversale d'une sensille campaniforme

II- 3. Scolopidies et organes chordotonaux

Les organes chordotonaux, ou scolopophores, sont des récepteurs intradermiques agissant le plus souvent comme des propriocepteurs (perception de la position des différentes parties du corps) ou intervenant dans l'audition. Ils sont constitués d'éléments simples appelés scolopidies, attachés de leurs extrémités à la cuticule par une ou plusieurs cellules; Ils peuvent être solitaires ou regroupés en amas.

Chaque scolopidie est composée de 3 cellules :

- ⊙ un **neurone sensoriel**
- ⊙ une **cellule enveloppante** (cellule scolopale)
- ⊙ une **cellule d'attache**

La dendrite du neurone sensoriel, recouverte par la cellule enveloppante, possède à son extrémité une extension ciliaire insérée à la cellule d'attache par un **corps tubulaire**. La région ciliaire, située dans un espace extracellulaire. Un second espace extracellulaire, rencontré à la base du manchon, est appelé « collier ciliaire » en raison de son agencement à l'intérieur de la dendrite neuronale, une structure composée de 9 filaments doubles partant de la base de la région ciliaire, court jusqu'à sa partie proximale: la **racine ciliaire**.

Dans la plupart des cas, une seule dendrite s'insère dans le manchon ciliaire. Parfois, dans certaines scolopidies, plusieurs dendrites (jusqu'à 5) se réunissent dans le manchon ciliaire. La cellule d'attache joue le rôle de lien entre l'organe chordotonal et l'épiderme ou d'autres types de tissus. Les scolopidies sont présentes dans toutes les parties du corps: pattes, antennes, palpes, bases des ailes. Elles se groupent en organes chordotonaux. Certains de ceux-ci ne comprennent que quelques éléments (une à cinq scolopidies). Mais d'autres peuvent atteindre une grande complexité : organe de Johnston, organes tympaniques

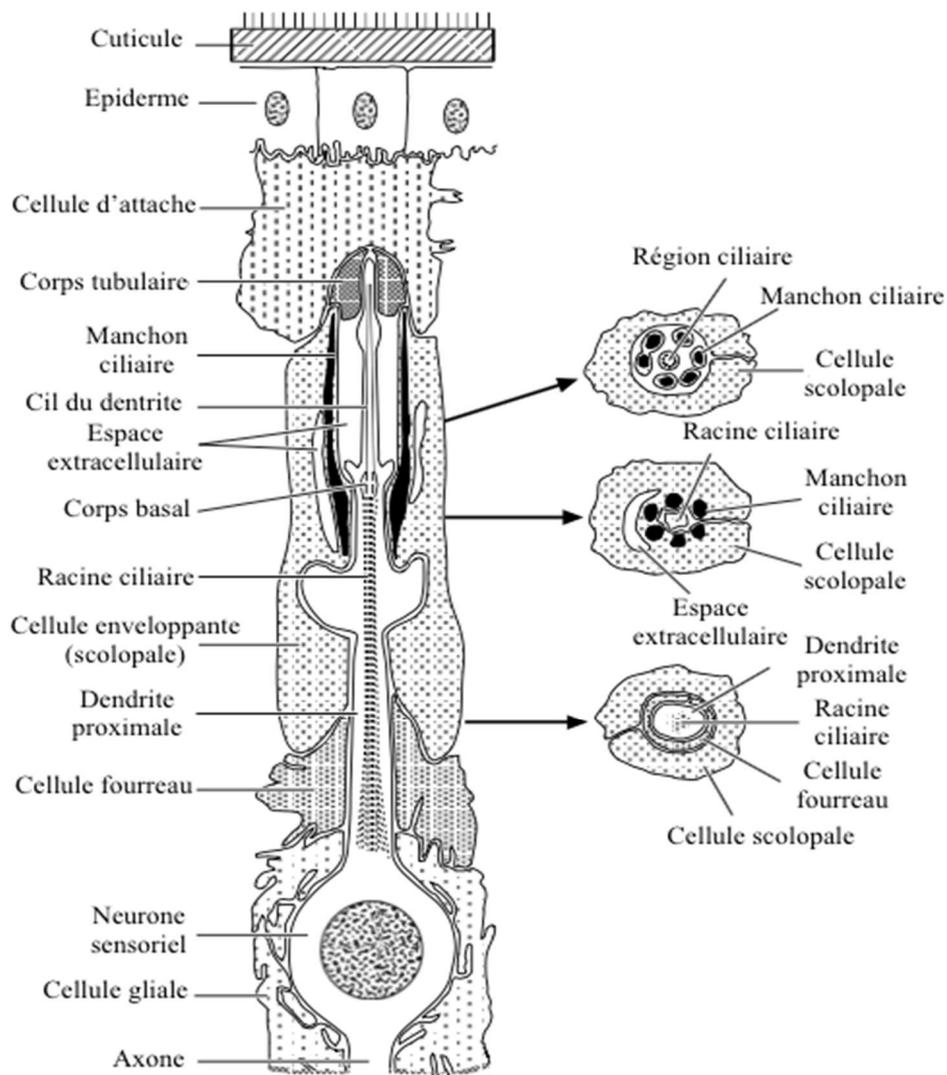


Figure 12 : Structure basique d'un organe chordotonal

II. 3. 1- Distribution et fonction chez les insectes

Les organes chordotonaux sont présents sur tout le corps des insectes. Leur fonction est multiple : proprioception – détection de vibration du substrat, de l'air et de l'eau – détection de la gravité – audition. Par exemple, certains de ces organes se trouvant dans la chambre génitale ont pour rôle de détecter la pression exercée par l'arrivée des ovocytes. Leur stimulation déclenche des mécanismes musculaires spécifiques permettant le reflux des spermatozoïdes de la spermatique pour réaliser la fécondation. D'autres, situés dans le thorax, sont de grande taille (20 scolopidies) et interviennent dans le contrôle du mouvement de la tête par rapport au thorax. A la base des ailes, ces organes sont stimulés par les forces exercées durant le vol

Dans une patte d'insecte, 4 types d'organes chordotonaux, voir davantage, peuvent être présents :

- ⊙ un fixé au fémur (chez les Orthoptères) dans sa partie distale, constitué d'environ 300 scolopidies
- ⊙ un fixé au tibia de manière proximale : c'est l'**organe subgénéral**
- ⊙ un dans le tissu conjonctif du tibia, inséré dans l'articulation tibia-tarsienne
- ⊙ un de petite taille (3 scolopidies) dans l'articulation du tarse aux prétarses
- ⊙ Des organes chordotonaux particuliers se situent dans les pédoncules des antennes de tous les insectes : les **organes de Johnston**.

II-3-2. Types d'organes chordotonaux

II-3-2-1. Organes fémoraux : Il semble que tous les insectes possèdent des organes chordotonaux au niveau de l'articulation fémoraux-tibiale (fig.13), Cet organe a pour rôle de renseigner l'insecte sur l'accélération, la vitesse et la position du tibia par rapport au fémur lors d'un saut ou de la marche. D'autres organes interviennent également dans le contrôle des mouvements : **sensilles simples** et **sensilles campaniformes**

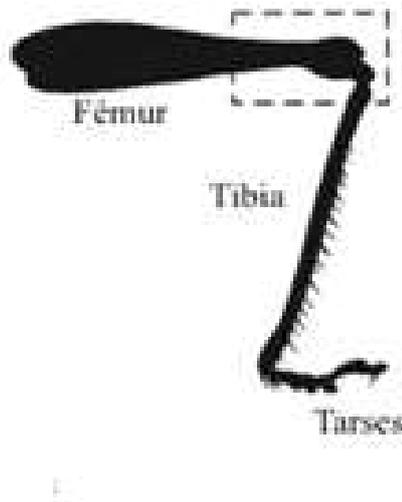


Figure 13 : Organe chordotonal fémoro-tibial

II- 3-2-2. Organes subgénéaux :

Ces organes, situés dans les parties proximales des tibias (fig. 14), sont en général composés de 10 à 40 scolopidies, parfois beaucoup plus, jusqu'à 400 chez certaines guêpes parasitoïdes. Sensibles aux vibrations du substrat, ils jouent ainsi un rôle soit dans la détection de l'arrivée d'un prédateur, soit dans la communication intra-spécifique (recherche de partenaires sexuels ou agrégation).

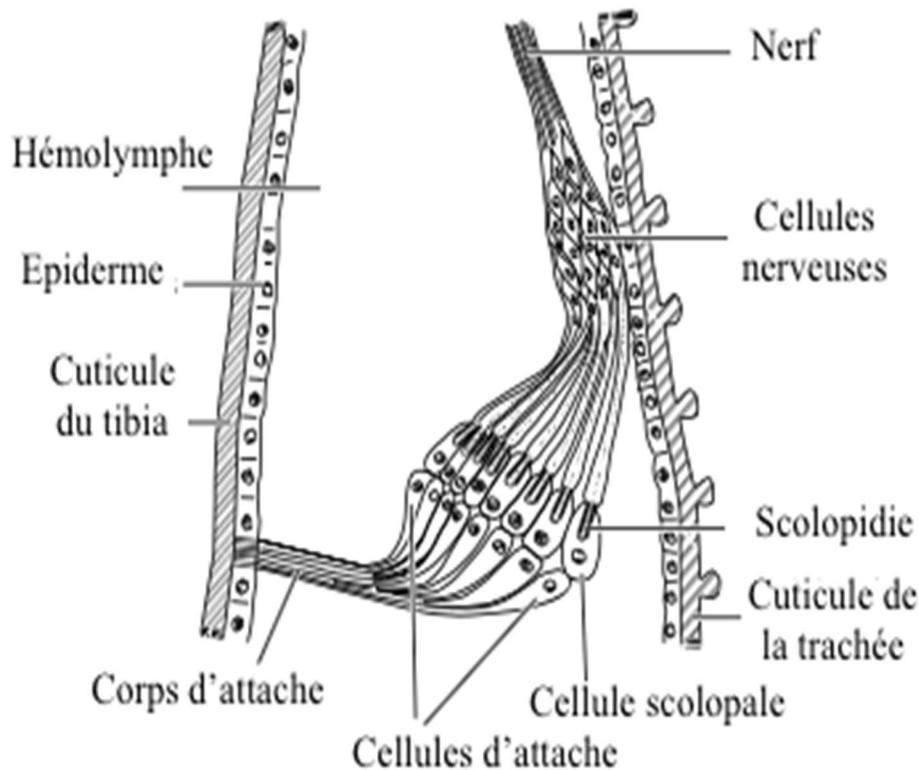


Figure 14: Organe subgénéal chez une fourmi

II- 3-2-3. Organes de Johnston :

Ces organes, situés dans le pédoncule antennaire de tous les insectes adultes (fig. 15) ou sous forme plus simplifiée chez les larves, présentent la caractéristique d'être constitués d'un flagelle qui est incorporé à un pédicelle dont la base comprend de très nombreux scolopidies. Ces organes sont notamment bien développés chez les mouches (Diptères), pouvant ainsi contenir plus de 20 000 scolopides. Les organes de Johnston peuvent assurer plusieurs rôles :

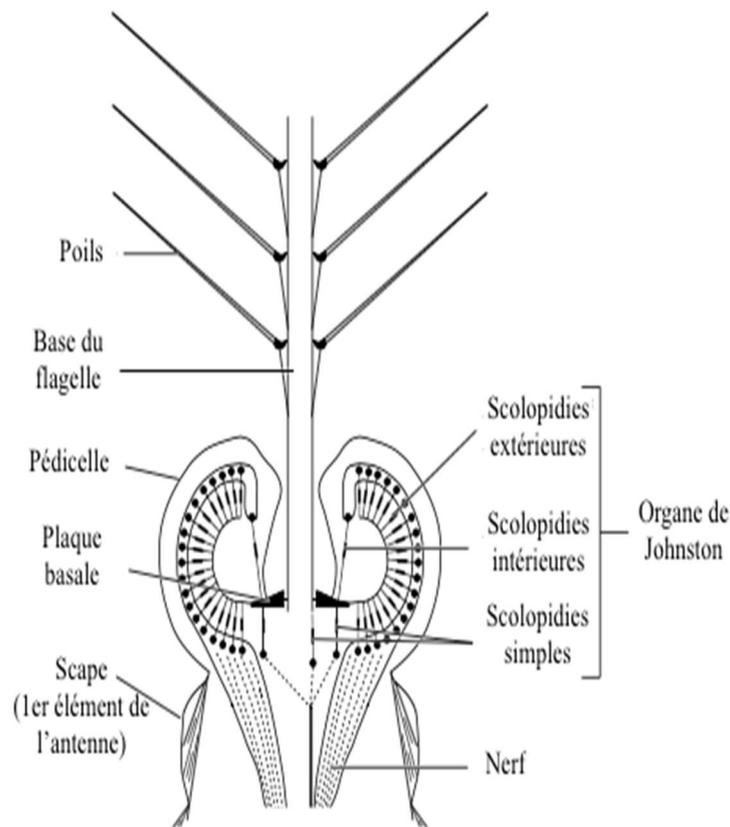


Figure 15 : Organe de Johnston chez un moustique mâle

- ⊙ Indicateur de vitesse : lorsque l'insecte vole, la pression de l'air agit sur les antennes et les flagelles. La vitesse est ainsi déterminée par le nombre de scolopidies stimulées.
- ⊙ Recherche de partenaires sexuels : chez la drosophile par exemple, les vibrations de l'air émises par les ailes du mâle lors de la parade sexuelle sont détectées par les organes de Johnston de la femelle. La sensibilité des scolopidies est alors réglée sur la fréquence de vibration du mâle : c'est un mécanisme de reconnaissance de l'espèce. Ce même principe s'applique chez le moustique qui repère ses partenaires sexuels par les vibrations émises durant le vol.
- ⊙ Communication entre individus : pour informer sur une source de nourriture, les abeilles réalisent une danse indiquant les paramètres de vol pour l'atteindre. Les vibrations sonores émises par l'abeille sont détectées par ses congénères et analysées dans leur fréquence comme dans leur intensité.

- ⊙ Navigation aquatique : les coléoptères de la famille des Girinidae se déplacent à la surface de l'eau. Les organes de Johnston, en détectant les ondulations émises par leurs congénères, permettent d'éviter les collisions. Ces insectes utilisent également leurs propres vibrations sur le même principe que celui de l'écholocation des chauves-souris pour éviter les obstacles.
- ⊙ Détection de la gravité : le notonecte, une punaise (Hémiptères) qui vit dans l'eau, le plus souvent postée à l'envers sous la surface, s'oriente grâce à la présence d'une bulle d'air prisonnière entre sa tête et ses antennes. Lorsque l'insecte est dans sa position normale, c'est à dire à l'envers, la bulle d'air remonte vers la surface, poussant les antennes vers le haut de la tête. La détermination de l'angle des antennes par rapport à la tête renseigne l'insecte sur sa position dans l'espace.

II- 3-2-4. Organes tympaniques

L'organe tympanique est un organe chordotonal spécialisé dans la réception de vibration sonore (fig. 16), il correspond à l'organe de l'audition. L'emplacement sur le corps de ces organes est très variable selon les familles et les espèces. Ils se rencontrent sur le cou de certains Coléoptères, sur la paire de pattes antérieures chez les grillons et les sauterelles de la famille des Tettigoniidae, sur l'abdomen chez les cigales (Cicadidae), les papillons de la famille des Geometridae et les cicindelles (Coléoptères de la famille des Cicindellidae) ou encore sur le thorax de certaines punaises aquatiques et des mantes-religieuses (Mantodea).

4-1. Aspect structurel : c'est une zone de la cuticule de faible épaisseur (le tympan ou membrane tympanique), soutenue par un sac rempli d'air (ou en contact avec une trachée) et libre de vibrer. Sur la face interne du tympan sont fixées des centaines de scolopidies qui s'activent lorsque le tympan se met à vibrer.

4-2. Fonctionnement :

Une onde sonore qui entre en contact avec le tympan le fait vibrer. Cette vibration agit sur les scolopidies, qui, selon l'amplitude et l'intensité du son, seront plus ou moins stimulés, engendrant une réponse nerveuse spécifique proportionnelle.

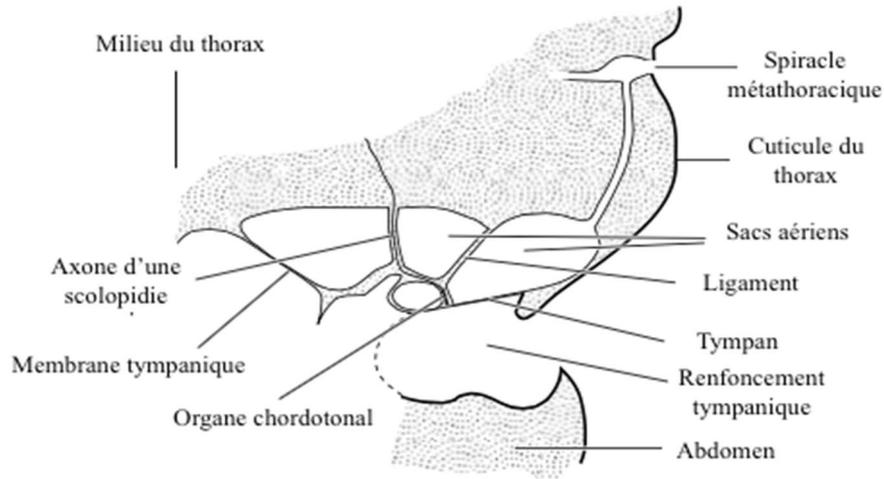


Figure 16 : Organe tympanique de la noctuelle

Tableau I : Catégories des mécanorécepteurs chez les insectes

| <u>Catégories</u> | <u>Position anatomique</u> | <u>Types</u> | <u>Fonctions</u> |
|--|----------------------------|--------------------------|---|
| <u>Extérorécepteurs</u> Récepteurs cuticulaires | Surface de la cuticule | Sensilles simples | Toucher, variation de pression (air ou eau), détection de la gravité, proprioception* |
| | | Sensilles campaniformes | Variation de pression sur la cuticule |
| <u>Intérorécepteurs</u> Récepteurs intradermiques ou subcuticulaires | Derme | Organes chordotonaux | Variation de pression (air, eau), détection de la gravité, proprioception* |
| <u>Propriorécepteurs</u> | Tissus internes | Pas de structure précise | Proprioception* |

* *Proprioception* : perception de la position des différentes parties du corps

III. Les chimiorécepteurs:

La perception des odeurs intervient dans le comportement alimentaire, le choix de l'habitat ou des sites d'oviposition, dans les relations hôtes- parasites, dans la vie sociale. Chez les chimiorécepteurs on distingue les trois catégories suivantes:

- Un sens chimique général, impliqué dans les réactions de fuite vis à vis de forte concentrations de substances telle que l'ammoniaque, le chlore.
- Une chimioréception de contact ou sens gustatif: les stimuli chimiques agissant en solution en concentrations relativement élevées
- Une chimioréception à distance ou sens olfactif : les stimuli diffusent à travers l'air est les récepteurs sont sensibles à des très faibles quantités de produits

III-1. Structure des récepteurs:

Les antennes sont particulièrement riches en chimiorécepteurs. Ceux-ci sont également nombreux sur les pièces buccales et sur des structures associées à la prise des aliments, sur les pattes, sur l'ovipositeur. Les partie cuticulaires des chimiorécepteurs sont de forme très diverses. On distingue les types suivants:

Sensilla trichoïdea: dont l'allure comparable aux sensilles trichoïdes mécanoréceptrices

Sensilla basiconica: en forme de cheville ou de cône émoussé

Sensilla coelonica et ampullacea: dont la structure cuticulaire se trouve cachée dans une dépression plus au moins profondes du tégument.

Sensilla placodea: plaque poreuse sous la quelle se trouvent les cellules sensoriels et les cellules auxiliaires

Le sens olfactif des insectes se situe au moins pour la majeure partie au niveau des antennes qui possèdent les récepteurs adéquats. L'antenne des insectes peut être considérée comme un filtre à odeurs. La forme de l'antenne dépend de la qualité de l'habitat de l'insecte, les sensilles sont localisées de façon à être exposées au maximum de courants d'air.

IV. Les phéromones:

Les phéromones sont des substances sécrétées à l'extérieur par un animal et qui reçu par un autre individu de la même espèce, provoquent chez ce dernier une réaction spécifique. Les phéromones sont habituellement produites:

- par des cellules épidermiques modifiées chez *Schistocerca gregaria*
- Par des glandes à structure complexe peuvent être localisées dans une région précise du corps: les glandes de Nassanoff chez les ouvrières d'abeille appartiennent au 6^{ème} tergite abdominal.
- Chez les femelles des Lépidoptères les glandes qui produisent les phéromones sexuelles sont formées des cellules dans une zone intersegmentaire
- Selon leur mode d'action en distingue parmi les phéromones les deux catégories suivantes:

IV-1. Les phéromones modificatrices: entraînent des modifications physiologiques, à long terme, des insectes récepteurs. Ces phéromones sont connues surtout chez les insectes sociaux, elles interviennent dans la détermination des castes, le blocage ovarien des ouvrières.

IV-2. Les phéromones de déclenchement: Produisent une réaction instantanée et réversible

IV-2-1. Les phéromones de piste:

Chez les insectes sociaux, Hyménoptères et Isoptères, le chemin entre la source de nourriture et le nid est marqué par dépôts de gouttelettes de substance.

IV-2-2. Phéromones d'agrégation:

Les agrégations peuvent être temporaires: rassemblements sur les places d'hivernage ou d'estivation (Coccinellidae), sur les lieux de pontes (*Schistocerca*), rassemblements des Scolytidae lors de l'attaque massive d'un arbre.

IV-2-3. Phéromones d'alarme :

Elle déclenche un comportement de défense ou d'attaque chez les Hyménoptères, les phéromones produites par les glandes mandibulaires ou par la glande à poison sont généralement de cétones ou des aldéhydes.

IV-2-4. Phéromones sexuelles: elles sont généralement produites par l'un des sexes seulement et agissant sur le sexe opposé. Elles sont répandues chez les Lépidoptères, les Dictyoptères, les Coléoptères et les Hyménoptères. Les attractif sexuels sont le plus souvent secrétés par les femelles, ils permettent la rencontre des sexes

V. Les yeux et la vision

1/ Les ocelles dorsaux: Les ocelles dorsaux existent en même temps que les yeux composés chez les imagos et les larves d'Hétérométaboles, ils peuvent manquer chez certaines espèces

2/ Les stemmates ou ocelles latéraux : sont les organes visuels chez les larves Holométaboles. Ils sont situés latéralement sur la tête dans une position voisine de celle qu'occuperont les yeux composés imaginaux.

3/ Les yeux composés: présents chez la plupart des imagos ainsi que chez les larves d'Hétérométaboles, occupe une aire plus au moins vaste de chaque côté de la tête si bien qu'il assurent à l'insecte une large champ de vision , ils se composent d'un nombre plus au moins grands d'unités , les ommatidies. Les yeux de libellules comprennent plus de 10000 ommatidies. Le nombre des ommatidies est généralement en relation avec le mode de vie de l'insecte, il est nettement plus élevé chez les espèces dont le vol est rapide, souvent plus important chez les mâles.