

## Sensations des Insectes.

### Continuation de la critique des expériences faites dès 1887

#### QUATRIÈME PARTIE (1901)

##### Appendice à la III<sup>me</sup> partie: Dernière note de Plateau.

Dans son travail le plus récent (la vision chez l'*Anthidium manicatum* (Annales de la Soc. ent. de Belgique XLIII 1899) Plateau constate chez cet insecte les faits suivants :

1°) Le ♂ de l'*Anthidium* vole horizontalement entre les tiges serrées de la *Salvia horminum*, sans jamais s'y heurter.

Plateau s'explique maintenant le fait par le mouvement de l'insecte. Mais il ne fait pas remarquer que ce fait contredit ses anciennes conclusions sur des cas analogues, en particulier à propos du flet, et même celles de ses expériences avec le labyrinthe où l'insecte se meut aussi, quoique plus lentement.

2°) Le dit ♂ chasse les autres ♂ de son espèce du massif des *salvia*. Donc il les voit et les reconnaît (à leurs mouvements, dit Plateau!).

3°) Souvent il fait erreur et se jette sur des *Megachile*, des *Anthophora*, des *Apis mellifica*, même des Ichneumonides pour s'accoupler (naturellement sans succès). Plateau en conclut à sa mauvaise vue, sans remarquer la contradiction avec 2. Mais on sait que pareilles erreurs, dues à l'excitation du rut, ont lieu même chez des vertébrés. Il remarque du reste que l'*Anthidium* ne commet pas cette erreur envers des Lépidoptères.

4°) Plateau observe que, lors de la première éclosion des fleurs de *Salvia horminum*, les hyménoptères volent droit à ces fleurs situées sur les côtés de la tige et jamais au bouquet de feuilles ou bractées bien plus fortement colorées en rose ou bleu vif du sommet de la plante. Il en déduit que la couleur ne les attire pas, mais l'odorat. J'en déduis qu'ils savent distinguer à la vue et reconnaître un bouquet de feuilles colorées des fleurs qu'ils recherchent.

## Orientation dans l'espace.

### A. — Sens du mouvement (senso-motilité)

#### M a c h - B r e u e r.

Sous ce titre je veux traiter en un bloc une question assez complexe qui a donné lieu à de singulières opinions et à de curieux *qui pro quo*. Disons cependant d'emblée qu'il y a deux ordres de faits fondamentalement différents à distinguer.

1°) Tant nous mêmes que les animaux, en nous mouvant dans l'espace, nous avons la faculté de nous y reconnaître, de nous y orienter. En ce qui nous concerne, nous savons que ce sont soit les *sensations* combinées ou perceptions de toucher et de vue qui nous y orientent, soit leurs souvenirs. Ainsi, par exemple, rentrant par une nuit noire dans notre chambre à coucher, nous nous y dirigeons rapidement, et mettons la main sur les objets dont la place nous est connue, non pas directement à l'aide de la vue ni du toucher, mais au moyen des *souvenirs* de l'espace de la dite chambre, souvenirs que nous ont laissés nos perceptions visuelles précédentes.

Nous ne possédons pas de sens spécial d'orientation; la vue, avant tout, puis le toucher et la mémoire de ces deux sens seuls, ou à peu près seuls, nous orientent dans l'espace, et nous en avons parfaitement conscience. L'ouïe n'y ajoute pas grand chose, le goût et l'odorat autant que rien. Voilà ce qui en est de l'homme, incontestablement. La vue nous orientant infiniment mieux et plus vite que le toucher, et nous orientant à distance, il n'y a guère que les aveugles qui développent par l'exercice leur orientation au moyen du toucher et de l'ouïe.

Or nous avons déjà vu, à propos des expériences de Lubbock, de Plateau et des nôtres qu'il en est de même chez les insectes, comme chez les animaux supérieurs, à l'exception cependant d'une faculté spéciale d'orientation dans l'espace que possède

l'odorat antennaire, faculté sur laquelle nous reviendrons. Mais le principe est le même. C'est un sens, dont la disposition fournit au cerveau des relations nettes entre les différentes portions de l'espace. Combinées sous forme d'images, ces relations se fixent dans le cerveau, se transforment ainsi en perceptions (*Wahrnehmungen*) et en souvenirs qui sont utilisés dans l'orientation de l'animal en mouvement.

J'espère prouver que toute autre théorie mystique ou mystérieuse de sens spécial, de 6<sup>m</sup>e sens, de magnétisme etc. est aussi superflue que fautive pour toute la série animale. Les sens connus, leurs variétés et les souvenirs qui en dérivent expliquent tout.

2°) C'est surtout à M a c h (1) Sitzber. Wiener Akademie, 6 Nov. 1873; 2) Mach E. *Grundlinien der Lehre Von den Bewegungsempfindungen*. Leipzig, 1875; 3) *Ueber Orientierungs empfindungen*, Vortrag Wien, 1897, bei Braumüller) et à B r e u e r (Anzeige d. K. K. Gesellsch der aerzte n.° 7; 14 Nov. 1873 etc.) que l'on doit d'avoir éclairci la question de la sensation du mouvement. Il y a là plusieurs choses à distinguer :

a) Toute contraction musculaire, tout déplacement relatif, toute pression d'une partie du corps excite des nerfs tactiles qui signalent ainsi au cerveau la localisation du déplacement. Il s'agit là d'un simple phénomène du sens du toucher.

b) Nous avons conscience de l'effort de toute innervation motrice. Mais Stricker et le Cumberlandisme prouvent que tout effort volontaire, même non suivi d'effet de masse, est accompagné d'une innervation musculaire effective qui peut suffire à irriter des terminaisons sensibles. Donc b peut en revenir à a et au toucher.

c) Basé sur la loi de l'inertie, M a c h a par contre montré que ce n'est pas le mouvement total continué, mais que ce sont les accélérations, les ralentissements et les changements de direction subis par la masse de notre corps que nous devons ressentir par le simple fait que tout changement pareil change les pressions des parties du corps les unes sur les autres et du corps sur les objets qu'il touche et qui le soutiennent. Ici encore, les nerfs du toucher et de la vue (déplacements relatifs de l'image rétinienne) servent à nous signaler les changements.

Mais M a c h et B r e u e r ont prouvé par d'ingénieuses expériences que nous sentons les accélérations, les ralentissements et les rotations indépendamment de la vue et du toucher. Ils ont prouvé que le siège de cette sensation est dans la tête et que tout concourt à la localiser dans l'appareil vestibulaire du labyrinthe. Les phénomènes du mal de mer, du mal de terre (en sens inverse),

du vertige de rotation et de balancement se rapportent à cette sensation.

Toute accélération de mouvement irrite selon la direction dans laquelle elle a lieu telle partie de l'appareil terminal du vestibule, les otolithes ou le liquide des canaux sémicirculaires demeurant en arrière en vertu de la loi de l'inertie et ébranlant ainsi le nerf. La disposition des trois canaux dans les trois dimensions sert à signaler en outre les angles de changement dans les directions du mouvement, c'est-à-dire les rotations totales ou partielles dans les trois dimensions. *Mach* croit que le vestibule lui même sert à nous annoncer les accélérations et les ralentissements dans la progression rectiligne du corps.

Je renvoie aux travaux originaux de *Mach* et de *Breuer*, desquels il ressort clairement que l'appareil vestibulaire oriente notre tête et par là notre corps sur tous ses changements de position et de vitesse. En effet, chaque changement est signalé, par une sensation de rotation ou de progression qui peut devenir illusoire lorsqu'elle se prolonge au delà d'un arrêt subit, et qui cesse, lorsque le contenu de l'appareil vestibulaire a pris lui même la vitesse et la direction du corps par la continuation du mouvement dans un même sens.

Mais divers auteurs se sont exagéré la portée du fait en pensant pouvoir l'étendre à l'orientation hors du corps. L'appareil vestibulaire constitue avant tout un sens de l'équilibre, un sens statique, nullement un sens d'orientation dans l'espace hors de nous. Il n'est pas même indispensable, puisque de nombreux sourds muets conservent leur équilibre sans lui et ne le perdent que sous l'eau, où le toucher du corps ne peut plus leur signaler les variations des pressions. *Mach* appelle les otolithes statolithes.

*Mach* pense que l'organe de l'ouïe (limaçon) est une spécialisation phylétique de l'appareil vestibulaire pour les tons. Il pense que chez les animaux inférieurs l'ouïe n'existe pas, mais que les otolithes font sentir les ébranlements et que de là est dérivé l'organe de l'ouïe. Cette idée concorde avec l'hypothèse de *Dugès*, d'après laquelle la prétendue ouïe des insectes serait une fausse audition par perception des ébranlements, opinion à laquelle je me suis rattaché jusqu'ici.

A l'objection de *Hensen* qui dit : il y a des animaux sans labyrinthe ; donc le labyrinthe ne peut pas être un organe d'orientation, *Mach* répond ironiquement : Les serpents n'ont pas de jambes et avancent tout de même ; donc nos jambes ne sont pas des organes de locomotion ! Cette ironie serait très juste, si l'objection de *Hensen* devait être comprise selon le syllogisme ci-dessus ; mais ce n'est pas le cas,

Il faut constater d'abord que l'équilibre d'un animal et la sensation des accélérations et des ralentissements sont possibles *sans appareil vestibulaire*, même chez les animaux qui en possèdent un (sourds muets etc.). Puis il faut constater, comme nous allons le faire, que l'orientation hors du corps a lieu par d'autres sens seulement, et nullement par l'appareil vestibulaire.

Il ne reste alors plus guère qu'à admettre que, chez les animaux sans labyrinthe, les autres sens le remplacent. Ceci est d'autant plus plausible qu'il s'agit d'animaux relativement petits, chez lesquels, comme nous l'avons déjà fait remarquer, *le corps entier* est souvent ébranlé par le moindre souffle, de sorte que la loi de l'inertie s'y fait beaucoup moins sentir par des différences de vitesse dans le déplacement des différentes parties du corps. Les moindres ébranlements et leur direction se communiquent par contre au corps entier et à ses organes du toucher.

Autant enfin nous pouvons nettement nous représenter à chaque instant à l'aide des souvenirs visuels les localités de l'espace et les objets qu'elles contiennent, autant nous sommes incapables de nous représenter nos innervations musculaires et leur jeu dans l'espace occupé par notre propre corps. Il en est de même de tous les mouvements les plus complexes que nous effectuons. Nous en avons bien un vague sentiment, et notre cerveau possède un souvenir inconscient admirable de toutes les innervations cérébrofuges qui y président ainsi que de leur harmonie, sans quoi les pianistes seraient impossibles, pour ne donner qu'un exemple. Mais la faculté de représentation consciente des complexions d'innervations dites psycho-motrices nous fait absolument défaut.

Ces faits étant donnés, avons nous le droit de parler d'un *sens* des accélérations ou de l'équilibre ?

On devrait trouver au moins un autre mot pour désigner la senso-motilité et la mémoire inconsciente que nous avons de la complexion des innervations psycho-motrices. Précisément parce qu'elle est inconsciente chez nous-mêmes, nous ne pouvons l'y étudier par introspection, et ici la « psychologie comparée » se trouve au niveau de la psychologie humaine, ou peu s'en faut.

Mach défend son 6<sup>me</sup> sens des accélérations en lui attribuant la sensation de rotation comme énergie spéciale de toute irritation des terminaisons nerveuses des canaux sémicirculaires. C'est là un fait plus palpable ; mais alors il faut distinguer ce « *sens* » du reste de la senso motilité autant que de l'orientation au dehors.

En tout cas le vestibule, étant entièrement situé à l'intérieur, ne peut, par ce fait, nous faire connaître l'espace hors de nous.

IV. — **Cyon** (prétendu sens de l' espace).

En sectionnant les canaux sémicirculaires des pigeons, qui sont la terminaison du nerf du vestibule, le physiologiste Flourens, on le sait, a régulièrement obtenu un déséquilibre des mouvements du pigeon. Les trois canaux sont disposés dans les trois dimensions de l' espace ; la section séparée de chaque canal produit un déséquilibre et des mouvements de vertige dans le sens du dit canal. Le fait est absolument certain et clair. Je l'ai observé pendant plusieurs semaines sur des pigeons sectionnés par C y o n. Chez les pigeons les canaux sont si éloignés du cerveau, si grands et si près de la surface du crâne que l' objection d' une lésion cérébrale possible n' a pu être faite que par des personnes qui ne connaissent pas les faits.

Dernièrement (Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, Bd. LXXIX, 5 Heft, p. 211. 1900, *Ohrlabyrinth, Raumsinn und Orientirung*) C y o n a repris le sujet et s' est efforcé d' établir sa théorie par de nouveaux faits.

Il a montré qu' un poisson (Neunauge; *Petromyzon fluviatilis*) qui ne possède que deux des canaux sémicirculaires ne se meut régulièrement et en droite ligne que dans les deux directions correspondantes de l' espace en avant et en haut, jamais de côté. Mais ses expériences sur les souris dansantes du Japon sont surtout fort intéressantes. Cet animal n' a qu' un seul canal sémicirculaire développé, le supérieur. Il ne se meut aisément ni en avant, ni en haut, mais seulement en tournant, par la diagonale. Pour avancer, il décrit des courbes en zig zag. Son amusement perpétuel est de danser en valse furibondes et interminables, dans lesquelles le ♂ et la ♀ tournent à deux ; souvent même plusieurs souris dansent en commun, sans jamais en prendre le vertige, pas plus que les sourds-muets lorsqu' ils valsent. Entre deux, elles dorment ou mangent. Elles dansent surtout la nuit ; c' est surtout l' odorat de leurs excréments qui les excite à danser. Elles sont presque sourdes, n' entendant que le ton très haut de leur propre voix venant d' en haut. Quand on leur bouche le nez avec du collodium, elles cessent de danser. Tout obstacle les arrête. Elles ne peuvent grimper de jour sur un plan incliné à 45°. Elles ne peuvent marcher à reculons, seulement obliquement. De nuit, où la hauteur ne leur donne pas le vertige, elles peuvent grimper sur un plan incliné de 45°. Ce n' est donc pas un défaut de locomotion qui les empêche. C y o n en conclut à un rapport entre la vue et le vestibule. La vue leur donne le vertige, comme un éclair nous le donne la nuit, parce qu' elles ne connaissent la dimension verticale que par la vue.

A l'aide de la vue, les pigeons à canaux sémicirculaires lésés finissent petit à petit par s'orienter, la vue remplaçant les canaux sémicirculaires; mais si on les aveugle ils perdent de nouveau l'équilibre.

Or, dès qu'on aveugle les souris dansantes avec du collodium, elles cessent leurs mouvements normaux et commencent à faire des culebutes en tout sens, perdant l'équilibre comme des pigeons à canaux sémicirculaires opérés. Il faut les mettre dans un hamac pour les empêcher de se blesser; tout au plus apprennent-elles à faire quelques mouvements coordonnés vers leur mangeoire au bout de quelques jours, et cela malgré le canal sémicirculaire intact qui leur reste. Elles perdent leur faculté de danser et font des mouvements qu'elles ne font jamais à l'état normal. Comment s'expliquer ce singulier fait, alors que ces mêmes souris dansent si bien la nuit?

Cy on répète à ce sujet sa théorie sur l'effet produit par la destruction des canaux sémicirculaires chez le pigeon.

Il dit que les mouvements vertigineux proviennent :

1°) d'un vertige visuel produit par le contraste entre l'espace vu et l'espace idéal (idéalement senti) constitué par les canaux sémicirculaires maintenant sectionnés.

2°) de la fausse représentation de la position du corps dans l'espace, résultant de ce fait.

3°) Des déviations dans la distribution de l'innervation des muscles, déviations dues à la même cause.

C'est le point 3 seul, c'est à dire la privation des influences inhibitrices de l'innervation qui peut expliquer comme quoi la souris dansante perd l'équilibre après l'occlusion des yeux et pas la nuit.

Cy on déduit de cet faits que le remplacement des canaux sémicirculaires par les yeux n'est probablement pas dû à des impressions visuelles conscientes, mais à d'autres irritations, partant des yeux, et qui, à l'ordinaire, sont mises en action par les canaux sémicirculaires. Déjà en 1877 Cy on considérait les canaux sémicirculaires comme régularisant par inhibition, la répartition et la mesure des forces d'innervation motrice envoyées au corps. C'est leur absence, non leur présence, a dit Chevreul, qui cause les mouvements désordonnés de vertige découverts par Flourens.

Sans entrer dans d'autres détails sur des expériences faites sur les requins etc., nous donnerons simplement les conclusions de Cy on :

a) Lorsque l'un ou l'autre des canaux sémicirculaires fait défaut de naissance, la vue peut remplacer en partie leur influence inhibitrice, mais seulement pour la conservation de l'équilibre dans diverses

positions du corps et pour passer d'une position à l'autre, pas pour l'orientation dans l'espace (à l'intérieur du corps).

b) Les canaux sémicirculaires sont les seuls organes périphériques de l'espace. Les sensations provenant d'eux sont indispensables à la représentation de l'espace (dans le domaine du corps).

c) La faculté de l'animal de se mouvoir dans les différentes directions de l'espace, c'est-à-dire de s'orienter, est obtenue par la sensation de l'espace du vestibule. Les sensations de vue et de toucher ne peuvent remplacer cette faculté.

Voici textuellement la théorie de Cyon sur le « sens de l'espace ».

A. — L'orientation proprement dite dans les 3 dimensions de l'espace, c'est-à-dire le choix de la direction dans laquelle doivent être innervés les mouvements, et la coordination des actions des centres d'innervation, nécessaire à la détermination et à la conservation des dites directions, est exclusivement la fonction de l'appareil des canaux sémicirculaires.

B. — Le réglage des forces d'innervation, tant pour les dits centres que pour ceux qui président à la conservation de l'équilibre et aux mouvements utiles, se fait principalement à l'aide du labyrinthe. Mais ce réglage est en même temps fait à l'aide d'autres organes sensoriels (œil, tact). Ces organes peuvent plus ou moins complètement remplacer le labyrinthe, lorsqu'il a été supprimé ou lorsqu'il fait défaut.

C. — Les sensations produites par l'irritation des canaux sémicirculaires sont des sensations de direction et d'espace. On n'en a conscience que lorsque l'attention est dirigée sur elles. Elles servent à l'homme à se former la représentation de l'espace à trois dimensions sur lequel il projette son espace vu et touché.

D. — Les animaux qui n'ont que deux canaux ne sentent que deux directions et ne s'orientent que dans leur domaine. Ceux qui n'en ont qu'un ne sentent qu'une direction (souris dansantes) et ne s'orientent qu'à son aide.

Cyon avait présumé que les otholithes des invertébrés jouaient le même rôle; Yves Delage l'a confirmé chez les mollusques.

Hensen a fait à Cyon la même objection qu'à Mach.

La théorie de Cyon n'est ni claire, ni satisfaisante. Si positifs et remarquables que soient les faits, elle me semble attribuer aux canaux sémicirculaires une influence trop générale. La chose ne me paraît pas encore éclaircie, et l'on fera bien d'entasser de nouveaux faits, avant d'en faire la théorie.

Je rappelle à ce propos mes propres expériences faites sur le nerf acoustique du lapin (*Neurologisches Centralblatt*, 1885, n.° 5 et 9; *Archiv. f. Psychiatrie*, Bd. XVIII, Heft 1, Januar 1887;



puis Onufrowicz Br. : *Experim. Beitr. z. Kenntn. des Centr. Urspr. des Nerv. Acusticus*, Archiv für Psychiatrie 1885, Bd. XVI, Heft 3). Dans ces travaux faits par moi ou sous ma direction, et à propos d'autres faits relatifs au cervelet, j'ai obtenu des résultats que je crois pouvoir actuellement résumer comme suit : ♦

1.°) Les mouvements produits par la destruction des canaux sémicirculaires se répètent chaque fois qu'on lèse le nerf du vestibule, jusqu'à son noyau d'origine qui a été aussi trouvé par Bechterew et qui se trouve de chaque côté, au dessus du 4<sup>me</sup> ventricule, sous le *vermis cerebelli*. Ce noyau, composé de petites cellules polygonales, paraît avoir le caractère des noyaux moteurs, et non pas des noyaux sensibles. Ce sont en effet ses cellules dont une partie s'atrophie lorsqu'on réussit à obtenir une lésion partielle suffisante du nerf en conservant l'animal vivant. Sa lésion totale produit un tournoiement perpétuel jusqu'à la mort ; j'ai répété l'expérience à satiété. Or le nerf du vestibule n'a pas de renflement ganglionnaire comme celui du limaçon, ni comme les autres nerfs sensibles. Ses fibres se terminent en ramifications libres dans l'appareil vestibulaire et non dans des cellules nerveuses. Ce nerf a donc bien plus le caractère d'un nerf moteur que d'un nerf sensible. Comme le premier il va droit de ses cellules d'origine à son point d'émergence du cerveau, sans prendre de direction longitudinale.

2.°) Le nerf du limaçon ou nerf acoustique a une toute autre origine, conforme à celle des nerfs sensibles. Les cellules de ses neurones sont en partie dans le limaçon et en partie dans le ganglion acoustique que j'ai décrit (Onufrowicz). Sa lésion et son extirpation totale n'entraînent aucune perturbation des mouvements, mais l'atrophie subséquente de ses centres d'origine (ganglion acoustique, tubercule acoustique).

3.°) L'extirpation des hémisphères cérébelleux du lapin n'entraîne aucune perturbation des mouvements.

4.°) Même les lésions superficielles du *Vermis* n'en entraînent pas ; seules ses lésions profondes, qui atteignent la région des noyaux du nerf du vestibule dérangent l'équilibre.

5.°) L'analogie anatomique frappante du nerf du vestibule avec les nerfs moteurs a fait naître en moi depuis longtemps l'idée qu'il pourrait être, comme le nerf électrique des torpilles, un nerf moteur transformé dans ses terminaisons périphériques et adapté à la fonction spéciale de l'équilibre, auquel cas le sac des otolithes dériverait d'un muscle.

Ces résultats, on le voit, concordent en somme assez avec les idées de Mach et de Cyon, et il me semblait à propos de les

rappeler ici <sup>1)</sup>. B. v. G u d d e n et S c h i f f avaient du reste obtenu les mêmes résultats avant moi, en ce qui concerne les opérations sur le cervelet.

W l a s s a k enfin a enlevé le cervelet des grenouilles sans obtenir de troubles de l'équilibre.

Seulement — et voici ce qui nous intéresse — les insectes ne semblent posséder aucun organe dont la lésion produise des phénomènes analogues à ceux de la lésion de l'appareil vestibulaire des animaux supérieurs. L u b b o c k a vu des stéthoscopes microscopiques dans les organes en bouteille et en bouchon de champagne que H i c k s et moi nous avons décrits dans les antennes des fourmis et des abeilles; G r a b e r a trouvé des prétendus otolithes dans les antennes des mouches et a admirablement décrit les appareils tympaniformes sensoriaux des grillons et des acrydiens. On peut cependant extirper tous ces organes sans déranger le moins du monde l'équilibre de l'insecte. Les haltères des diptères ont, il est vrai, un organe sensoriel, et leur section empêche le vol; mais il ne se produit aucun mouvement désordonné (je les ai enlevés à plusieurs reprises) et l'empêchement du vol a une autre cause mécanique. Les seules lésions qui m'ont fait voir des mouvements convulsionnés et vertigineux chez les insectes ont été la lésion du cerveau (ganglion susœsophagien) d'un seul côté et celle d'autres ganglions ou cordons ventraux, lésion qui produit un mouvement de manège; puis l'intoxication par la morphine qui produit des convulsions générales. On pourrait encore à la rigueur y ranger le vol en l'air en spirale des insectes aveuglés (voir plus haut), mais à terre, ces insectes conservent la coordination parfaite de leurs mouvements.

---

<sup>1)</sup> C y o n croit cependant pouvoir prouver que les irritations du nerf auditif (nerf du limaçon) excitent les canaux sémicirculaires et font connaître l'espace. A cela je réponds que l'extirpation du nerf du limaçon ne produit aucun mouvement de vertige, et que nous apprécions l'espace aussi mal que possible au moyen des sons. Qu'on assiste à une bonne séance de ventriloque et à la façon dont les seuls contrastes de la voix, qui constituent l'art du ventriloque, suffisent à nous faire porter des jugements entièrement faux sur la direction d'où proviennent les sons; alors on comprendra combien peu l'ouïe seule nous renseigne sur l'espace. J'ai vu un ventriloque tromper à diverses reprises une meute de chiens courants en imitant des aboiements lointains. Il faisait ainsi partir la meute dans la direction qu'il lui plaisait. La localisation des hallucinations de l'ouïe faite par les aliénés montre aussi l'arbitraire de la façon dont nous localisons les sons dans l'espace. Nous les localisons surtout par des jugements portés à l'aide des perceptions d'autres sens.

Or la lésion des centres nerveux semble simplement provoquer du côté lésé, une paralysie de l'innervation cérébrale (volontaire, correspondant au faisceau pyramidal des vertébrés), ce qui, en augmentant l'activité réflexe du côté lésé, donne nécessairement une direction de manège aux mouvements inhibés par la volonté de l'autre côté seulement. Les trois pattes du côté lésé prennent donc le dessus.

Ces expériences ont du reste été faites d'une façon systématique et admirable par Alexandre Yersin sur le grillon (*Recherches sur les fonctions du système nerveux dans les animaux articulés*; Bulletin de la société vaudoise des sciences naturelles I, V, n. 39-41, 1857 ou 58), et je ne puis qu'y renvoyer. Yersin a constamment vu l'insecte tourner du côté opposé à la lésion, soit du ganglion susœsophagien, soit d'un des cordons connectifs situés plus bas. Il a montré l'indépendance relative des centres nerveux entre autres par le fait qu'après la section d'un connectif, la tête du grillon qui veut rester vers un morceau de pain pour le manger, ou vers sa femelle, en est empêchée par les pattes qui continuent leur marche en avant. Si elle s'accroche par les mandibules, il en résulte une culebûte. Cependant il a pu prouver l'existence de réflexes croisés.

Mais d'un « sens de l'espace », selon l'idée de Cyon, ou seulement de l'équilibre ou des accélérations, nous ne trouvons nulle trace. Et pourtant la logique, semble-t-il, l'exigerait. Ou bien la théorie n'est pas exacte, ou bien, chez les insectes, le « sens de l'espace », et de l'équilibre, des accélérations du corps est inutile et n'existe pas, étant simplement remplacé par la senso-motilité ordinaire au moyen, du toucher etc. Est-ce peut-être parce que les insectes sont sourds ? Je ne veux pas pousser plus loin. J'ai simplement voulu mettre la question au point.

Les mêmes réflexions et les mêmes faits servent du reste aussi à conduire à l'absurde les théories de Loeb sur un sens hypothétique, géotropique, présidé par les otholithes. Pour n'en pas avoir, les insectes ne marchent pas plus que nous sur le dos ni sur la tête.

## B. — Faculté d'orientation hors du corps et prétendu sens de la direction.

Passons maintenant à l'orientation à distance, telle qu'elle a lieu consciemment chez nous au moyen de la vue et du toucher.

Ici je ne répéterai pas ce que j'ai dit à propos de la façon dont, selon mes expériences, les insectes s'orientent, non seulement à l'aide de la vue (surtout au vol) et des antennes (surtout à terre),

mais en combinant les perceptions de leurs divers sens et les souvenirs de leurs perceptions sensorielles.

Je tiens à souligner encore que j'emploie toujours le terme de *perception* dans le sens du mot allemand *Wahrnehmung*, c'est-à-dire d'un phénomène psychique complexe de sensations associées, provoqué normalement par des irritations sensorielles actuelles, combinées aux souvenirs de sensations associées antérieures. Une perception n'est donc jamais primitive. L'hallucination est une perception illusoire, provoquée par des irritations internes seules, à l'aide de souvenirs d'images sensorielles.

Je renvoie d'abord à la remarque que j'ai faite en 1886 sur M. Fabre et l'instinct de la direction et qui est rapportée dans la 2<sup>me</sup> partie de ce travail (*Rivista di Scienze Biologiche* n. 9, Vol. II, à la fin de mes expériences sur la vue). Puis j'y ajoute la citation suivante :

V. — A. Forel. — « Revue de l'Hypnotisme, Juin 1892, p. 34. *Vue et sens de la Direction* ».

« M. le Prof. Caustier (Revue de l'Hypnotisme n. 1, p. 10, juillet 1892) se hâte trop de trancher négativement la question de la vue à l'aide de la rotundité de la terre. Il oublie que les pigeons, plus encore que les *Chalcidoma* (insectes longs de plus de deux centimètres et ressemblant à des Bourdons), emmagasinent dans leur cerveau des images visuelles, des souvenirs des lieux parcourus dans leurs excursions spontanées. Pourquoi les pigeons s'élèvent-ils d'abord fort haut et tournent-ils la tête en divers sens ? Pourquoi s'élèvent-ils au-dessus du brouillard avant de prendre leur direction ? Pourquoi un certain nombre de pigeons perdent-ils leur chemin ? Pourquoi existe-t-il une distance maxima (250 à 300 kilomètres) au-dessus de laquelle les pigeons ne paraissent d'ordinaire plus pouvoir retrouver leur chemin ? Pourquoi des essais répétés petit à petit, en augmentant la distance, mais dans le même direction, sont-ils si avantageux ? Tous ces faits ne parlent-ils pas clairement pour une orientation par la vue ? En invoquant la rotundité de la terre, on oublie ses inégalités : les montagnes. Le Mont-Blanc est visible, de la plaine, à plus de 200 kilomètres. Or, en s'élevant au vol à 300 mètres, on augmente considérablement le champ visuel, on voit de plus loin des montagnes moins élevées. Mais plus. M. Caustier part évidemment de l'idée (absolument erronée à mon avis) que le pigeon ne peut utiliser ses yeux pour se diriger que si, du point où on le lâche, il voit directement le lieu de son colombier. Or, je prétends qu'il lui suffit de reconnaître un point de repère quelconque situé entre les deux localités ».

« Mais nous pouvons aller plus loin. Le pigeon vole souvent et loin. Dans ses excursions aériennes, il s'éloigne à une certaine distance de son colombier. Or, s'il peut reconnaître un point de repère situé à demi-chemin

entre le lieu où on le lâche et le lieu (à lui connu) situé au point périphérique de ses excursions ordinaires, dans la direction du lieu où on l'a transporté, cela suffira pour le guider ».

« Ces derniers faits diminuent déjà la distance que nous devons exiger de la vue directe de plus de la moitié. Et qui nous prouve que les pigeons n'utilisent pas instinctivement le soleil et les autres astres pour se diriger ? »

« A ces réflexions, il nous faut ajouter un autre fait incontestable que M. Caustier veut aussi expliquer par le fameux sens d'orientation, c'est celui de la dégénération de la faculté d'orientation chez l'homme civilisé ».

« Cette dégénération, déjà énorme lorsqu'on la compare à la faculté d'orientation de l'Indien d'Amérique par exemple, ne permet plus guère de comparer notre vue à celle, infiniment supérieure, des oiseaux. L'Indien a non seulement la vue bien plus perçante, mais il sait infiniment mieux s'en servir pour s'orienter. C'est l'effet de l'exercice que nous avons perdu grâce aux boussoles, aux routes, aux chemins de fer, etc. Chez l'oiseau, non seulement la vue est bien plus développée, mais, comme nous l'avons vu plus haut, sa position dans l'air et ses mouvements rapides lui donnent nécessairement des notions des lieux dont nous ne pouvons avoir qu'une faible idée. Si une lieue pour le *Chalicodoma* (aérien) correspond à 4 mètres pour la fourmi (terrestre), 250 kilomètres pour le pigeon correspondent bien à 4 kilomètres pour l'homme, et l'énigme est expliquée ».

« Qu'on fasse plutôt l'expérience suivante : Qu'on obstrue par un ankylopharon, par exemple, les yeux d'un pigeon, d'un chat, d'un chien même (ici il faudrait cependant tenir compte de l'odorat), et l'on verra que l'instinct de la direction aura disparu, et que ces animaux seront aussi incapables de retrouver leur chemin, au vol ou à terre, que les mouches, les bourdons et les hannetons auxquels j'avais verni les yeux et qui allaient se cogner contre la terre et contre les murs <sup>1)</sup>. Si les abeilles ne savent pas retrouver leur rucher déplacé <sup>2)</sup>, cela tient à leur faiblesse de raisonnement, tandis que la vue les ramène toujours droit à l'ancienne localité. »

1) Comme nous allons le voir, Cyon a fait l'expérience et en a obtenu le résultat que j'avais prévu.

Romanes (*Nature*, 29 Oct. 1886) porta un rucher dans une maison située à quelques cents mètres de la côte, éloignée de tout rucher, avec des jardins à fleurs de chaque côté, puis de grandes pelouses devant, du côté de la mer. Il ouvrit d'abord la fenêtre et le rucher pour permettre aux abeilles d'explorer les environs immédiats. Puis, le soir, il s'empara des abeilles qui rentraient et les mit dans une boîte. Le lendemain, laissant le rucher fermé, il porta la boîte au bord de la mer, à 250 mètres au plus de distance du rucher, et lâcha les abeilles. *Pas une seule* en retrouva le chemin du rucher ; aucune ne revint. Il attendit quelques jours, pour être certain qu'elles étaient bien perdues, et répéta ainsi plusieurs fois l'expérience avec le même résultat. Mais lorsqu'ensuite il refit l'expérience en portant les abeilles à l'extrémité des jardins, de chaque côté de la maison, elles se trouvèrent souvent de retour avant lui à l'entrée du rucher fermé, dans sa chambre.

Romanes conclut avec raison de cette belle expérience que c'est la connaissance des lieux et non pas un sens spécial de la direction qui dirige les abeilles. Nous sommes donc arrivés, lui et moi, indépendamment l'un de l'autre, au même résultat. (Forrel : *Sensations des insectes* 1886).

2) Expériences faites longtemps avant celles de Bethé avec le même résultat.

« Nous n'avons donc besoin ni de sixième sens, ni d'électricité, ni de courants atmosphériques pour nous expliquer la faculté d'orientation des oiseaux ».

J'avoue que j'éprouve une certaine satisfaction à voir les vues que j'avais émises en 1886 et 1892 être maintenant entièrement confirmées par Exner et par Cyon, comme nous allons voir, sans que ces deux auteurs paraissent avoir eu connaissance de mon article.

#### IV.<sup>bis</sup> — **Cyon** (*loc. cit.*) **et Toussenel.**

Viguiier a cru que les pigeons voyageurs étaient dirigés par le magnétisme terrestre. Bonnier leur attribue une sorte d'institut cartographique automatique placé dans les canaux sémicirculaires.

Cyon a fait des expériences à Spa (Belgique). Il a observé le fort occiput des pigeons voyageurs et le grand développement de leurs canaux sémicirculaires ; mais il attribue, sans doute avec raison, ce développement à leur système musculaire considérable et à leur énorme force d'innervation pour le vol.

Il colle d'abord les paupières de divers pigeons avec du collodium. Ces animaux ne retrouvent plus leur colombier à quatre pas.

Puis il transporte à 70 kilomètres des pigeons dont il a bouché à l'un le nez, à l'autre les oreilles avec du collodium et un bouchon de ouate cocaïnisée, et les lâche au fond d'un vallon.

Le pigeon aux oreilles bouchées revient le premier à la maison, même avant un pigeon intact.

Le pigeon au nez bouché ne revient qu'au bout de 4 jours, après avoir perdu son collodium.

A mon avis Cyon attribue beaucoup trop d'importance à cette dernière expérience qui est unique et dont il conclut à une orientation par l'odorat. Il faudrait la répéter avec plus de soin. Mais il accorde à la vue un rôle prédominant.

Cyon accorde aux pigeons des facultés intellectuelles et rend attentif aux faits suivants :

Un pigeon porté de *a* à *b* par un détour *c d e* revient en général par le même détour. Mais si, arrivé à *d.*, à 100 kilomètres de *a*, il réussit, en décrivant quelques cercles aériens, à reconnaître la direction où se trouve *a*, il y vole par la ligne droite *d a*.

On voit souvent des pigeons de Belgique, lâchés à Bordeaux, revenir en suivant la côte de l'océan pour s'orienter vers le nord, au lieu de suivre la ligne du chemin de fer. Reynaud avait cru pouvoir établir une « loi du contre pied » dans l'orientation des pigeons pour le retour. Ces faits prouvent que c'est une erreur.

Lorsqu'on a soin de prendre des pigeons du même colombier, et, après les avoir portés au loin, de ne les lâcher qu'à des intervalles suffisants pour qu'aucun d'eux ne puisse voir son prédécesseur, on observe qu'il prennent tous d'abord des directions assez différentes.

Cyon cite, comme nous, l'éducation des pigeons par entraînement successif; il en déduit qu'ils apprennent à connaître leur chemin avec leurs yeux et leur mémoire et pense qu'ils arrivent à s'orienter ainsi jusqu'à 500 ou 600 kilomètres. Seulement il attribue à leur nez un rôle dans une orientation par les vents et croit que la difficulté connue qu'ils ont à passer les Alpes provient des vents froids et nombreux de ces montagnes. Le pigeon, dit-il, aime à voler contre le vent qui lui amène des odeurs. Cependant il admet la possibilité d'un sens nasal (*Spürsinn*) indépendant de l'odorat. Nous préférons ne pas le suivre dans cette hypothèse qui manque de base suffisante.

Relevons encore, l'opinion d'un observateur de grande expérience, cité par Fabre dans ses souvenirs entomologiques (1882), de Toussenel (*l'Esprit des bêtes*):

« L'oiseau de France, dit-il, sait par expérience que le froid « vient du Nord, le chaud du Midi, le sec de l'Est, l'humide de « l'Ouest. C'en est assez de connaissances météorologiques pour lui « donner les points cardinaux et diriger son vol. Le pigeon tran- « sporté de Bruxelles à Toulouse dans un panier couvert n'a certes « pas la possibilité de relever de l'œil la carte géographique du « parcours; mais il n'est au pouvoir de personne de l'empêcher de « sentir, aux chaudes impressions de l'atmosphère, qu'il suit la « route du Midi. Rendu à la liberté à Toulouse, il sait déjà que la « direction à suivre pour regagner son colombier est celle du Nord. « Donc, il pique droit dans cette direction, et ne s'arrête que vers « les parages du ciel dont la température moyenne est celle de la « zone qu'il habite. S'il ne trouve pas d'emblée son domicile, c'est « qu'il a trop appuyé sur la droite ou sur la gauche. Dans tous les « cas, il n'a besoin que de quelques heures de recherches dans la « direction de l'Est à l'Ouest pour relever ses erreurs ».

Je ne connaissais pas cette opinion qui s'harmonise fort bien avec la mienne. Fabre essaie de la réfuter, mais bien faiblement, avec ses chats et ses *Chalicodoma*. Il ne faut pas brouiller les cartes. Les combinaisons sensorielles et mentales sont autres chez le chat qui ne vole pas. Je ne crois certes pas que l'opinion de Toussenel explique tout; nous l'avons vu et nous allons le voir. Mais elle renferme un facteur important d'orientation, facteur dont il faut tenir compte.

I. bis. — **Sigmund Exner** : — *Negative Versuchsergebnisse über das Orientungsvermögen der Brieftauben*; Wiener Akad. d. wissensch. Mat. naturw., Cl., Juli 1893.

Avant Cyon, Exner avait fait des expériences d'un autre genre que voici :

Le pigeon aime son colombier par dessus tout, et sait y revenir à de grandes distances. C'est cet instinct qu'on utilise. On assure même que, sur les pigeons apportés des Etats Unis à Londres, trois surent revenir à travers l'océan.

D'après la théorie de Mach-Breuer, les otholites constituent un appareil servant à percevoir les accélérations rectilignes auxquelles l'animal est soumis, dans quelque direction que ce soit, et les canaux sémicirculaires un appareil servant à percevoir les accélérations auxquelles l'animal est soumis lorsqu'il tourne autour d'une axe quelconque. Exner a cherché à expliquer par là la faculté d'orientation des pigeons. Il a fait des expériences, et convient qu'elles l'ont obligé à abandonner son hypothèse. Les voici :

Il transporta ses pigeons dans un panier entouré d'un drap noir qu'il secoua tout du long, ou qu'il fit tourner sur son axe avec grande vitesse. Il fit cela dès le départ à l'arrivée, en gare, en chemin de fer, à tous les contours. Trois pigeons furent mis dans le panier secoué et tourné. Les trois autres ne furent ni secoués, ni tournés. Il les transporta à 37,7 Kilom. de Vienne, dans un lieu où les dits pigeons n'avaient jamais été d'après l'opinion de leur propriétaire, et séparé de Vienne par les montagnes du Wiener Wald.

Les pigeons furent lâchés l'un après l'autre, aucun avant que son prédécesseur n'eût disparu. Tous revinrent normalement au colombier. Les pigeons de contrôle (non secoués) furent lâchés les premiers.

Ici je me permets d'observer que l'expérience est insuffisante. Le fait que nos yeux ne discernent plus un pigeon ne prouve pas que les pigeons ne le voient pas non plus. Puis il fallait lâcher les secoués les premiers. En tout cas secousses et rotations ne les désorientèrent nullement.

Dans une seconde expérience, Exner, non seulement fit tourner ses pigeons tout du long, mais leur galvanisa la tête avec un courant électrique par un procédé fort ingénieux.

Il galvanisa ainsi deux pigeons, un vieux et un jeune, et prit avec eux deux pigeons de contrôle, un vieux et un jeune. Il les porta tous les quatre à 54 Kilom. de Vienne, dans des conditions analogues aux autres. Le vieux pigeon galvanisé revint à Vienne



à son colombier en 3 h. 32 minutes. Le vieux pigeon de contrôle ne revint que deux jours après. Aucun des deux jeunes pigeons ne revint, ni celui de contrôle, ni le galvanisé. Ce dernier resta au lieu du départ. Cette expérience-là est absolument concluante, le pigeon tourné et galvanisé étant arrivé le premier.

Notons que ce sont les jeunes, ceux qui ont encore peu vu de pays qui n'ont pas su trouver leur chemin ! Ces pigeons avaient été armés d'un masque en drap noir pour les empêcher de voir. Une expérience de contrôle avec des pigeons non masqués donna trois pigeons perdus sur quatre ! C'est donc la chaîne de montagnes et le lieu inconnu qui les ont désorientés !

Enfin Exner refit l'expérience à 28,8 kilom. de distance et sans chaîne de montagnes entre deux, mais en laissant reposer le pigeon galvanisé et les autres pendant deux jours dans des locaux différents avant de les lâcher.

Le résultat fut que le pigeon galvanisé revint le second (en 40 minutes). Malgré tout, Exner tient au sens statique. Nous n'y revenons pas, renvoyant à ce que nous avons dit à propos de Mach, de Cyon et des insectes.

Puis Exner se pose la question suivante : Les pigeons font-ils des expériences à leur voyage d'aller ?

Il narcotisa donc deux pigeons pendant tout le voyage de 43 kilomètres et les laissa 4 jours à Oberhollabrunn, séparés de Vienne par un pays de collines. Puis il les lâcha, ainsi qu'un pigeon de contrôle. Deux se perdirent, dont le pigeon de contrôle. Seul l'un des narcotisés revint en 4 h. 20 min.

Il refit l'expérience à une distance moindre avec deux vieux et deux jeunes pigeons, dont l'un des vieux et l'un des jeunes furent narcotisés. *Les deux jeunes se perdirent. Les deux vieux revinrent, le narcotisé en moins de temps que le normal !*

Je suis étonné qu'Exner ne tire pas de ses résultats si clairs la simple conclusion que c'est l'expérience et la connaissance des lieux par la vue qui oriente les pigeons.

*Pour conclure, je propose moi même une fort simple expérience à Messieurs les colombophiles ; la voici :*

Faites éclore quelques oeufs de pigeons voyageurs dans une grande cage placée dans une chambre dont la fenêtre sera simplement obstruée par un cadre de mousseline ou autre étoffe, assez épaisse pour que la vue au travers soit impossible, même à un pigeon. L'air pourra pénétrer suffisamment à travers la mousseline, ainsi qu'une lumière diffuse. Dès que les jeunes pigeons pourront se passer de leur mère, on enlèvera celle-ci. Puis on laissera devenir les jeunes pigeons, adultes dans leur cage, sans jamais leur per-

mettre de rien voir du paysage par la fenêtre. Une fois qu'ils auront la force et l'âge voulus, on les transportera, la tête masquée de drap noir, dans un panier bien fermé, non pas à 20 ou 30 kilomètres, mais seulement à *deux ou trois kilomètres* de distance, après avoir enlevé la mousseline de la fenêtre. S'ils retrouvent leur colombier à l'aide d'un sens magnétique, statique, géotropique ou otholitique de l'espace et de la direction, je me rendrai à l'évidence et me déclarerai battu. Mais s'ils ne le retrouvent pas, je suis en droit de nier absolument l'existence du dit sens supposé et d'attribuer l'orientation à la vue.

Cependant deux précautions sont encore nécessaires : Il faut que la fenêtre de la chambre où sera la cage ou le colombier des pigeons en question soit placée de telle façon que le contenu de la dite chambre ne puisse être vu directement à distance. Il faut de plus isoler la mère des jeunes pigeons, afin qu'elle ne puisse leur servir de guide.

Je suis persuadé que les pigeons seront absolument incapables de retrouver le chemin de leur colombier, même à cette courte distance, par la simple raison qu'ils n'auront pas de souvenirs visuels en dehors de la chambre où ils auront vécu.

Exner a, par sa dernière expérience, réfuté l'idée de connaissances acquises à l'allée par le pigeon, mais nullement les faits de leur connaissance antécédente des lieux. Or c'est sur celle-là que j'insiste.

## VI. — Fabre — *Souvenirs entomologiques 1879 et 1882.*

Revenons aux insectes et à M. Fabre. On trouvera peut-être oiseux que j'aie tant parlé pigeon à propos d'insectes. Mais c'était absolument nécessaire, car on s'est complètement fourvoyé dans cette question. Je tenais à montrer que la façon dont les oiseaux s'orientent est la même que celle dont le font les insectes aériens, et cela d'une façon frappante. De là à conclure que les canaux semi-circulaires et les otholithes qui font défaut <sup>1)</sup> à ces derniers n'y sont probablement pour rien, il n'y a qu'un pas (comparer avec les expériences de Yersin et les miennes, voir ci-dessus). Donc un grand ensemble de faits concorde à dénoncer la vue comme le sens aérien d'orientation par excellence, sens qui rend inutile toute hypothèse de sens mystérieux de la direction. La seule restriction à faire est que l'odorat, le toucher et l'ouïe lui servent de complément

---

<sup>1)</sup> *Remarque* : Ce que Graber croit être otholite dans l'antenne des mouches peut être enlevé sans que l'équilibre soit le moins du monde troublé. L'organe de la sensomotilité chez les insectes, s'il existe, est encore à trouver.

plus ou moins important ou même la surpassent chez certains animaux (Bombycides, Chauves souris et autres).

Dans les expériences de Fabre dont nous avons parlé, il faut relever certains détails. Les *Chalicodoma* (abeilles maçonnes), marquées à la couleur, qu'il porta dans une boîte à 3 ou 4 kilomètres ne revinrent la plupart du temps qu'en une proportion de 30 à 40 pour cent. Sur les 40 *Chalicodoma* qu'il porta dans un bois à 5 kilomètres de leur nid, 9 seulement retrouvèrent leur chemin. Sans doute, comme le dit Fabre, la pression de ses doigts en éclopa quelques unes, mais les *Chalicodoma* sont très dures, et ce fait ne suffit nullement à mon avis pour expliquer le nombre des perdues. Dans la plupart des cas, les *Chalicodoma*, après s'être élevées, partirent droit dans la direction de leur nid. Il y eut cependant un certain nombre d'exceptions; quelques unes prirent une autre direction.

Dans l'expérience à 5 kilomètres de distance, le bois était séparé du nid par une colline de 100 mètres. Lâchées dans une clairière, les *Chalicodoma* s'élevèrent tout d'abord et décrivirent quelques cercles (comme les pigeons!), puis partirent toutes vers le sud, dans la direction de la colline qui était celle de leur nid. Pourquoi 9 seulement y revinrent-elles? Si un sens mystique de la direction les avait conduites, toutes celles qui s'étaient envolées seraient revenues. Weismann pense avec raison que, dans ce lieu inconnu et répugnant pour elles, la vue de la colline les aura attirées. Une fois là, les plus vieilles, celles qui connaissaient le mieux les environs auront trouvé un point de repère et leur chemin. En effet, nous voyons même les pigeons partir d'abord souvent dans diverses directions.

Incité par Ch. Darwin, Fabre fit avec ses *Chalicodoma*, la même expérience qu'Exner avec ses pigeons. Il secoua la boîte qui les contenait et la fit pirouetter pour désorienter les *Chalicodoma*, ayant soin en outre d'aller par divers chemins détournés. L'effet des pirouettes fut absolument nul. Les *Chalicodoma*, revinrent en aussi grand nombre que sans pirouettes.

Ch. Darwin ayant alors donné à Fabre l'idée du magnétisme terrestre, Fabre essaya de désorienter ses *Chalicodoma* en leur mettant sur le dos une petite aiguille aimantée. Mais ces insectes ne souffrent ni aiguille, ni paille sur leur dos en volant, ce qui fit manquer l'expérience.

N'est-il pas significatif de voir ainsi, en petit, des abeilles maçonnes soumises aux même expériences, se conduire presque exactement comme les pigeons voyageurs, sans posséder pourtant d'appareil vestibulaire ou otholithique? Le cercle de leur connaissance des lieux ne paraît pas dépasser 4 kilomètres; celui des pigeons très entraînés paraît arriver à 500. Il n'y a pas là de disproportion frappante.

VII. — **Albrecht Bethe** <sup>1)</sup>.

B e t h e part d'une idée préconçue. Pour lui les insectes sont des machines réflexes, et toute psychologie comparée est une absurdité. Il fait bon marché de tous ses prédécesseurs qui d'après lui sont évidemment très faibles. Nous aurons à revenir plus tard sur ce sujet. Ici nous n'avons qu'à examiner ses expériences sur l'orientation des abeilles et des fourmis. Je crois seulement qu'il est nécessaire de signaler le fait dès l'abord, car les systèmes et partis pris influencent toujours l'expérience. Je crois du reste que l'opinion extrême de B e t h e aura le bon effet de faire préciser les questions. Pour être d'une conséquence mathématique, B e t h e ne parle plus ni de vue, ni d'odorat, mais seulement de photoréflexe, chémoréflexe, matière du nid (au lieu d'odeur du nid) etc.

A. — **Abeilles.** — B e t h e se demande d'abord si c'est une substance odorante (un chémoréflexe ; je me permettrai ici de conserver les anciens termes, ayant de bonnes raisons pour ne pas adopter la terminologie de B e t h e) qui ramène les abeilles à leur rucher. Il constate que le rucher a une odeur que nous percevons et signale les mâles de Bombyx qui, attirés à distance par l'odeur vont trouver leur femelle dans une ville. Il prétend que si on pouvait le prouver, cela suffirait à rendre superflue l'hypothèse de facultés mentales chez l'abeille. Remarquons que ce raisonnement est par trop naïf car les abeilles ne font pas que revenir à leur rucher.

B e t h e change un rucher (*A*) de place, mais seulement d'une largeur de rucher, et met à son ancienne place un rucher vide (*B*), donc tout à côté. Les abeilles revenant de butiner volent droit à la porte du rucher *B* (qui occupe l'ancienne place de celle de leur rucher *A*). Elles entrent dans le rucher vide, n'y trouvant rien en ressortent par derrière, puis volent de nouveau à l'entrée, faisant ainsi un circuit perpétuel.

Les abeilles du rucher *A* ne sortent qu'en hésitant, peu à peu ; quelques unes s'envolent ; elles sont dérangées par la nouveauté (odorante) du plancher de départ. Mais au bout de 10 minutes un bon nombre sont parties. A ce moment la 1<sup>re</sup> abeille revint à l'entrée de *A*, mais au lieu d'entrer par la porte du rucher, elle courut sur la planche en bourdonnant des ailes, ce que d'autres imitèrent. Aucune n'entra dans le rucher ; quelques unes volèrent à la porte de *B*. Au bout de 20 minutes environ  $\frac{1}{20}$  des abeilles volaient à *A*, la reste à *B*. Enfin une des abeilles qui erraient dans le rucher vide

<sup>1)</sup> ALBRECHT BETHE -- *Dürfen wir den Ameisen und Bienen psychische Qualitäten zuschreiben ?* Archiv f. die ges. Physiologie Bd. 70, 1898,

(B) découvrit en furetant à la marche, un interstice qui l'amena au rucher A. D'autres la suivirent à la marche, et ainsi se forma une file du rucher B au rucher A.

Bethe conclut *avec certitude* que des traces chimiques servent à guider les abeilles, à la marche du moins, et que, même au vol, une substance chimique aide aussi à les guider puisque quelques nouvelles arrivantes volèrent à A, *parce que* les abeilles sorties de A venaient de laisser leur odeur (trace chimique) sur la plancher de départ (*Flugbrett*).

Je n'admets pas ces conclusions pour des raisons données plus haut et prouvant le mauvais odorat des abeille (Plateau). D'abord les abeilles ont pu suivre leurs compagnes à la marche par la vue aussi bien que par l'odorat (elles le font, les antennes coupées), ce qui suffit à réfuter la « certitude » de Bethe. Et de même les abeilles volant droit à A étaient sans doute celles qui en étaient sorties et en retrouvaient la direction par la vue ou y voyaient d'autres abeilles; ici l'on peut même certifier d'après nos expériences (Plateau) que Bethe se trompe.

Mais Bethe lui même reconnaît l'absurdité de l'hypothèse d'une trace odorante en l'air, trace ou piste que chaque souffle balayerait.

Notre auteur tourne un rucher autour de son axe de 90°. Des abeilles qui reviennent volent à la place où se trouvait la porte de sortie, se posent sur le rucher et bourdonnent des ailes (Bethe appelle « *heulen* » ce bourdonnement d'inquiétude; disons aussi qu'elles « crient », pour abréger). Elles ne savent d'abord pas trouver la porte d'entrée déplacée et ne la retrouvent qu'à la marche, lorsqu'elles même que les autres en sortent au vol.

Notre auteur place son rucher sur un pivot qu'il peut faire tourner horizontalement, avec la lenteur voulue, et le fait tourner à raison de 90° en un quart d'heure de l'Est au Sud. A 30° les abeilles vont encore assez droit à la porte, sans s'arrêter. Mais à 45°, au bout de 7 minutes, la majeure partie des abeilles arrivantes commence à voleter quelques fois avant d'entrer, ce qui provoque un essaim qui s'accumule; cependant l'ensemble dévie distinctement vers le sud. A mesure que la rotation avance, l'essaim grossit, et un nombre croissant d'abeilles cessent de trouver le chemin de la porte d'entrée. A 90° l'essaim est considérable; quelques abeilles seulement arrivent à trouver la porte. Plusieurs se posent sur le rucher et découvrent la porte à pied. Le gros vole en essaim dans la direction intermédiaire de 45°. Si la rotation est plus lente, (20 minutes pour 90°), l'essaim suit un peu mieux le mouvement (bien jusqu'à 45°), mais à 135° presque plus aucune abeille ne trouve la porte. Une plus grande lenteur n'avance à rien. Bethe ne peut

faire dévier l'essaim des abeilles arrivantes à plus de 45°. Quand Bethé laisse le rucher pendant 4 ou 5 heures tourné à 45°, puis le replace subitement dans sa position normale, les abeilles, qui se sont habituées à voler à 45° (Sud-Est) continuent un certain temps à voler dans cette direction, faisant au dernier instant un crochet à droite pour entrer par la porte. Ce vol au Sud-Est et ce crochet n'ont pas lieu s'il remet le rucher en place immédiatement après les 7 ou 10 minutes de rotation.

Mais voici mieux. Bethé recule son rucher de 50 centimètres. Alors les abeilles volent à la place où était leur porte, puis décrivent des cercles au vol. En ce faisant, elles passent droit devant leur rucher, et une partie d'entre elles y entrent. Cependant il se forme un certain essaim là où était précédemment la porte. S'il recule le rucher de *deux mètres*, presque plus aucune abeille ne retrouve la porte. Un énorme essaim se forme en l'air, exactement à la place où était précédemment la porte, c'est à dire 2 mètres devant le rucher. Tout au plus une abeille toutes les 2 ou 3 minutes trouve-t-elle la porte actuelle du rucher. Tout le reste vole en cercles de 0.20 m. à 2,5 m. autour de l'ancienne place, en l'air. Si l'on remet le rucher à l'ancienne place, tout l'essaim s'y précipite. Si l'on met à sa place une caisse vide pourvue d'un trou à la place où était précédemment la porte du rucher, les abeilles y volent et y entrent en hésitant plus ou moins. C'est même un truc connu des apiculteurs pour faire entrer des abeilles dans un nouveau rucher.

Lorsqu'on déplace le rucher en avant, au lieu de le reculer, le résultat dépend de la ligne que les abeilles suivent (selon le temps qu'il faut) pour rentrer chez elles. Si cette ligne est près de l'horizontale, on peut avancer le rucher de plus d'un mètre sans que cela empêche les abeilles de rentrer. Mais si elle est abrupte (descendant rapidement), de sorte qu'un déplacement en avant d'un à deux mètres la fasse arriver derrière le rucher, les abeilles arrivantes manquent ce dernier et vont former derrière lui un essaim en l'air à l'ancienne place de la porte, comme elles le firent en avant dans l'expérience précédente. Soit dit en passant, c'est une jolie preuve de l'influence de l'élan et de l'obsession de l'abeille au retour.

Si le déplacement du rucher a lieu lentement et graduellement cela ne change pas le résultat final. L'essaim à la place de l'ancienne porte se forme tout de même en avant ou en arrière. Tout au plus le nombre des abeilles qui trouvent la porte est-il un peu plus grand.

Bethé ajoute encore que les abeilles auxquelles il a coupé les antennes volent malgré cela en droite ligne à leur rucher à 25 et 50 mètres de distance (même résultat que le mien).

De ces expériences, Bethe conclut que le *Neststoff* (l'odorat) ne peut jouer un rôle prépondérant dans la façon dont les abeilles retrouvent au vol leur rucher. Quelque chose d'indépendant du rucher les dirige. Ce quelque chose ne les conduit pas au rucher, mais à la place de l'espace à laquelle le rucher se trouve d'habitude. Le son ou cri des abeilles, (c'est à dire l'ouïe) ne les guide pas non plus, sans quoi leur essaim devrait suivre le déplacement du rucher où crient leur compagnes.

Nous reviendrons sur ces conclusions. Mais Bethe tient à prouver que ce ne sont pas les souvenirs visuels qui dirigent les abeilles. Voici ses expériences à cet égard.

Un rucher était exposé à l'Est et les abeilles volaient à l'Est en sortant et en rentrant. Bethe tourna en quelques jours le rucher vers le Sud (90°). Plusieurs mois après les abeilles volaient toujours à l'Est. Le rucher était entouré de platanes hauts de 6 m., ceux d'Est à 6 m. de distance, ceux du Sud à 6 mètres. Au Nord-Est et à l'Est il y avait deux espaces libres; les abeilles volaient par celui de l'Est. Pensant que la lumière de cet espace était peut-être cause du phénomène, Bethe y plaça un grand écran brun foncé, large de 3 m. et haut de 2 1/2 m., de façon à obstruer le dit espace. Les abeilles ne s'en inquiétèrent pas, volant par dessus l'écran, en déviant en haut à partir d'un mètre de l'écran; les abeilles au retour firent de même. Bethe croit pouvoir en conclure qu'elles ne voyaient l'écran qu'à 1 1/2 mètre de distance et qu'elles avaient un instinct de voler à l'Est. A mon avis le fait ne permet aucune de ces conclusions; il y a trop d'autres facteurs possibles, avant tout le plus ordinaire: les abeilles trouvaient à butiner du côté de l'Est, et suivaient par habitude machinale leur ancienne direction jusque près de l'écran.

Bethe refait les expériences de Fabre avec les rotations et même (avec succès) avec l'aiguille magnétisée suggérée par Darwin. Ni rotations, ni aimant placé sur le dos ne les empêchent de retrouver leur chemin. C'était à prévoir.

Bethe a refait nos expériences en vernissant les yeux des abeilles et a observé le même vol droit en l'air et l'impossibilité de s'orienter. Mais il se débarrasse vite de la chose en déclarant que la lumière est l'agent irritateur qui excite au vol ces animaux diurnes et qui « *le règle* ». Donc le fait qu'aveuglés ils ne savent plus se diriger « ne prouve rien » d'après lui.

Je suis obligé de protester contre cette allégation aussi hasardée qu'arbitraire. Elle repose sur une fausse observation. Plateau et moi-même nous avons montré que les *Eristalis*, les *hannétons*, les *noctuelles* et d'autres insectes *s'envolent spontanément avec les yeux*

*vernis*. Mais ils sont alors incapables de se diriger au vol. Ce simple fait réduit à néant les allégations et l'argumentation de Beth e. Du reste qu'est-ce que « régler » le vol, sinon l'orienter. Ce sont des mots et rien d'autre.

Alors que fait Beth e ? Il masque un rucher placé sur une table à deux mètres d'un platane. Les abeilles volaient à l'Est-Nord-Est. Beth e place à 1 m. 50 du rucher à l'Ouest et au Sud un paravent en coin de 2 m. 50 de haut, à ailes de 2 m. 50 de long. Il place des mouchoirs colorés sur le paravent. Puis il couvre la table et le rucher de branches vertes et colle du papier bleu sur la face antérieure jaune du rucher. Les abeilles revenant au rucher n'hésitent qu'un moment, formant un léger essaim. Puis elles volèrent dès lors sans hésiter à la porte du rucher. Ensuite Beth e plaça 6 mètres carrés de papier blanc sur le gazon, devant le rucher. Alors les abeilles devinrent inquiètes et voletèrent en hésitant autour du rucher. Beth e remplaça le papier blanc par un bleu, et elles se tranquilliserent. Il s'explique la chose en disant que les abeilles évitent les grandes surfaces blanches éclairées par le soleil.

Tout cela ne prouve rien du tout, ou plutôt nous donne raison contre Beth e. Il n'est pas exact que les abeilles évitent le blanc. Je les ai vu butiner en masse sur du papier blanc en plein soleil, aussi bien que sur du bleu. Et les abeilles de mes dahlias masqués avaient bien su retrouver la localité sans hésiter. Le fait de couvrir d'arbres notre maison et de placer un écran derrière ne nous empêchera pas non plus de la retrouver, si on ne l'a pas transportée ailleurs. Il faut bien mal connaître la psychologie et l'adaptation de l'abeille à l'entrée de son rucher qui est tout pour elle, pour s'attendre à un autre résultat. Le subjectivisme de Beth e se montre dans le fait suivant. Après avoir « tranquilisé » ses abeilles en remplaçant le papier blanc par du bleu, il les agite de nouveau en remplaçant le bleu par du rouge. Il croit fermement à leur inclination pour le bleu et à leur dégoût du rouge et du blanc. Je note le fait sans y revenir, car Plateau et moi nous avons montré à satiété qu'il s'agit là d'une illusion.

Beth e reconnaît que dans divers cas (miroir réfléchissant le soleil, papier frais mis autour du rucher, papier blanc, papier rouge) les abeilles sont embarrassées et s'accumulent en essaim avant d'entrer. Mais il explique tout cela par l'odorat, et maintient que les changements d'aspect de l'entrée du rucher n'empêchent pas les abeilles de la retrouver sans hésitation. Avec ces restrictions je n'en doute nullement. C'était à prévoir, mais ne prouve pas ce que Beth e veut prouver. Au contraire cela prouve qu'un grand



et éclatant changement de couleur arrive à les désorienter, même pour la localité de l'entrée de leur rucher qui est ce qu'elles connaissent le mieux.

Des ruchers situés à l'Est étaient ombragés par un platane de 7 mètres situé droit devant. Bethe le fit abattre le 14 juin 1897 à 10  $\frac{1}{2}$  h. du matin. La plupart des abeilles étaient dehors et butinaient. Eh bien ! elles rentrèrent droit à la porte du rucher, sans hésiter, à travers la place libre où était un instant avant le platane, tandis qu'auparavant elles volaient d'en haut, en passant par dessus le platane.

Le fait est sans doute intéressant. Mais, le platane n'y étant plus, et le rucher n'ayant pas changé de place, il n'est pas si extraordinaire. Bethe croit avoir victorieusement réfuté par là les souvenirs des lieux chez l'abeille. Je le nie. Le fait de la disparition subite d'un grand arbre qui masquait une hutte dont nous connaissons le chemin ne nous empêchera nullement d'aller droit à la hutte, bien au contraire. Seulement Bethe a cru pouvoir conclure de ses expériences avec le rucher déplacé en arrière que les abeilles ne *voient pas* le rucher déplacé, et cette fausse conclusion en amène d'autres. Elles le voient fort bien, mais elles sont *préoccupées*, d'autre chose : leur attention est obsédée par le souvenir du lieu où il était précédemment, et c'est là qu'elles le cherchent obstinément. De même les abeilles s'aperçurent sans nul doute de la disparition du platane. Mais ce platane leur était absolument indifférent ; il les gênait tout au plus. Leur attention les portait violemment à leur rucher seul qui n'était pas déplacé, mais droit devant elles. En niant la psychologie des insectes, Bethe néglige naturellement d'en tenir compte. Un homme se serait sans doute arrêté et aurait réfléchi au changement survenu. Mais une abeille n'est pas un homme et raisonne bien plus simplement. Elle n'a pas de temps à perdre et n'associe que ce qui est lié directement à ses besoins et à ses instincts, ce qui n'était pas le cas du platane de M. Bethe, en ce qui concerne le retour au rucher.

Bethe reprend alors l'expérience de Romanes, citée plus haut en note, d'une autre façon. D'un côté de son jardin est la ville de Strassbourg où les abeilles ne vont pour ainsi dire jamais, de l'autre sont les fortifications avec des prairies couvertes de fleurs et d'abeilles. Bethe prit des abeilles marquées et les porta à plusieurs reprises soit en ville, soit dans les prés des fortifications à 350, 400 et 650 mètres du rucher. Elles revinrent aussi bien de la ville que de la prairie.

Les abeilles ainsi lâchées volent d'abord en spirale en haut,

puis partent en droite ligne dans la direction du rucher, dit Bethe. Sur 6 abeilles lâchées dans une rue bordée de hautes maisons, 4 volent dans la bonne direction, une dans une fausse, une est douteuse. Huit autres volent toutes dans la bonne direction etc. Bethe prétend qu'elles prennent cette bonne direction avant d'avoir atteint le sommet des maison, donc avant d'avoir pu s'orienter par la vue. J'avoue que ce dernier fait m'a rendu perplexe, car il a l'air concluant. Cependant en y réfléchissant, et comme je connais Strassbourg avec ses rues étroites, je me suis posé deux questions que voici.

Comment des abeilles peuvent-elles prendre dans une rue étroite de Strassbourg la direction exacte de leur rucher situé à la périphérie de la ville, avant d'avoir atteint le toit des maisons ? Une rue n'a que deux directions. Bethe a-t-il choisi des rues droites et justement perpendiculaires à son rucher ? Il ne le dit pas. Puis il ne m'est pas prouvé que les abeilles ne visitent pas une ville comme Strassbourg où il y a assez de fleurs, d'arbres, de sucre et de miel pour les attirer. En tout cas il y a là des résultats contradictoires qui demandent confirmation. A mon avis l'expérience de Romanes est beaucoup plus concluante et mieux faite que celle de Bethe, parce qu'elle ne laisse pas d'autre interprétation possible, à causé des précautions prises. Le rucher de Romanes était fraîchement apporté.

Bethe accorde finalement quelque chose à la vue. Il montre qu'un morceau de papier noir carré est pris par les abeilles pour la porte d'entrée de leur nid, et qu'elles y volent, tandis qu'elles se détournent du papier coloré ou blanc.

Bethe admet 3 kilomètres à la ronde comme distance à laquelle les abeilles retrouvent en moyenne leur rucher. À son idée, c'est la force mystérieuse qui agit jusqu'à cette distance du rucher.

Il décrète et conclut de ses expériences qu'une *force totalement inconnue* les ramène au rucher et non pas la vue, ni l'odorat, ni le magnétisme.

Il cite encore plusieurs faits intéressants : Lorsqu'il recule un rucher seulement de 20 à 30 centim. par jour, et le laisse reposer pendant un jour dès qu'un petit essaim se forme en avant, il peut arriver à le reculer de 4 mètres sans que les abeilles retournent à l'ancienne place de leur porte d'entrée et de sortie.

Lorsqu'on déplace un rucher en automne, et le met où que ce soit dans les environs (à 3 kilom. à la ronde), le printemps suivant les abeilles ne retournent pas à l'ancienne place, mais d'emblée à la nouvelle (qu'est devenue alors la force mystérieuse et inconnue ?) Bethe ne devrait-il pas en conclure plutôt que pendant leur som-

meil hivernal elles ont oublié leurs anciennes routes aériennes, et s'orientent à nouveau ?).

Si l'on fait tourner un rucher sur son axe de 90° degrés pendant la nuit et si quelques jours de pluie suivent, au premier jour de soleil il se forme un essaim d'arrêt des abeilles qui reviennent. Mais elles retrouvent bientôt leur chemin, et au bout de peu de jours elles volent droit à leur porte, (n'est ce pas une preuve que le souvenir de la direction qu'elles suivaient précédemment, et par suite l'obsession correspondente a perdu de sa force pendant leur réclusion [F o r e l] ?).

On obtient le même résultat par les jours de soleil si l'on ne fait tourner le rucher que de quelques degrés par jour. Ayant tourné ainsi peu à peu un rucher de l'Est au Sud, Beth e le laissa 5 semaines ainsi, puis le remit subitement à l'Est. Les abeilles revenant de butiner volèrent alors au Sud, formèrent un léger essaim d'hésitation, mais bientôt elles revinrent par un crochet à leur porte, à l'Est. L'essaim d'hésitation cessa très vite, mais les abeilles continuèrent à voler vers le Sud et à entrer dans leur porte en faisant un crochet, le crochet fut continué pendant des semaines, mais en diminuant peu à peu de grandeur.

Cette charmante observation s'explique à notre avis par un phénomène d'habitude prise, mais corrigée chaque fois par un coup de l'attention. Nous observons des phénomènes voisins chez nous mêmes. Seulement c'était une habitude de 5 semaines vers le Sud seulement. Elle avait été précédée d'une « habitude à l'Est », et c'est pour cela qu'un peu d'attention provoquée par l'aspect de la paroi sans porte suffisait pour faire rentrer les abeilles par un crochet dans leur habitude précédente non encore oubliée, au lieu de les plonger dans une désorientation complète comme dans les expériences citées plus haut. Il y a là un trait lumineux de psychologie de l'insecte, une psychologie qui rappelle surtout celle de nos états subconscients, de nos automatismes somnambuliques par exemple.

Mais Beth e a fait encore d'autres curieuses observations qui, à première vue, semblent lui donner raison. Nous avons vu plus haut l'histoire du platane coupé. Eh bien ! pendant des mois, tandis que les abeilles revenant au rucher volaient droit à la porte, celles qui partaient au contraire continuaient, sans rime ni raison, comme des automates, à voler en haut et à contourner en l'air la place qu'occupait autrefois le platane. Beth e chante victoire et croit de nouveau avoir réfuté l'habitude et prouvé la force mystérieuse de retour à la porte. Analysons les faits :

L'abeille qui a fini de butiner n'a qu'une obsession fixe en tête : revenir au plus tôt à la porte du rucher. Cette obsession la pousse

à raccourcir tous les angles, à rechercher la ligne la plus droite (la fameuse *Bee line*) pour atteindre son unique objectif. Tout autre est le cas de celles qui partent. Sans doute, il y a en général une direction principale, par laquelle elles sortent, celle qui les conduit aux places où elles butinent. Mais en rase campagne ces places varient selon les saisons, et avec elles la direction que prennent les abeilles au sortir de leur rucher. Je puis l'affirmer, car nous l'observons ici. Un champ de colza en fleur, situé au Nord-Ouest, les fait voler au Nord-Ouest etc.

L'abeille qui sort va en outre butiner à divers endroits. Elle n'a donc pas d'obsession fixe qui la pousse vers un point unique à sa sortie. Ici donc une vieille habitude automatique de voler en l'air peut se conserver, faute d'obsession antagoniste.

Bethe s'étonne aussi de ce que les abeilles d'un nouveau rucher, acheté au loin et placé chez lui, après s'être élevées en tournoyant et être parties vers le Sud, revinrent plus tard par l'Est. Il y voit de nouveau sa force mystérieuse; je n'y vois que leur excellente faculté de s'orienter dans l'espace par la vue.

Enfin Bethe transporte dans des boîtes des abeilles au loin, pour voir si elles savent revenir au rucher. Celles qui ne sont plus capables de se diriger, après s'être élevées et avoir tournoyé à une grande hauteur, viennent toujours retomber exactement à la place d'où elles sont parties, sans se tromper de plus que de quelques centimètres. Les ayant fait partir d'une boîte qu'il tenait à la main, il se déplaça après leur départ. Les abeilles revinrent tournoyer en l'air exactement à la place où Bethe avait précédemment tenu sa boîte (dans d'autres cas sur la prairie exactement à la place où avait été la boîte dont elles étaient parties).

Ces faits sont sans doute fort curieux et prouvent à n'en pas douter chez les abeilles une faculté surprenante de retrouver un point quelconque de l'espace. Dans les dernier cas, les abeilles étant absolument perdues et ne pouvant reconnaître le chemin de leur rucher trop éloigné, n'avaient qu'un seul souvenir associable d'espace localisé, celui du point où on les avait lâchées. Il n'y a donc rien d'étonnant en pareil cas à ce qu'après avoir vainement cherché à s'orienter en l'air, elles y reviennent et y répètent le manège qu'elles font à la porte d'un rucher déplacé.

Ce qui est frappant, dans ce cas comme dans d'autres, c'est la rapidité et la sûreté de leur orientation dans l'espace. Les objets en eux mêmes, s'ils n'ont pas de qualités attractives spéciales, attirent bien moins les abeilles que la place circonscrite de l'espace qu'elles connaissent et reconnaissent. Ceci découle du reste aussi des expériences que j'ai racontées à propos de Plateau.

Est-ce là une raison suffisante, après tout ce que nous avons vu, pour leur attribuer une force mystérieuse indépendante des sens et spécialement de la vue ? Je ne le crois pas. Je ne veux pas répéter ce que j'ai dit à propos des pigeons, mais insister encore sur un point seulement : nous autres hommes, avec nos lents mouvements terrestres, nous ne pouvons comprendre, (sentir, saisir avec notre esprit) ce que doit être l'orientation par la vue d'un animal aérien au vol rapide, avec ses immombrables et prompts déplacements dans l'espace. Bethe, et bien d'autres avec lui, oublient, que pour taxer ce qu'un sens peut fournir il ne faut pas seulement tenir compte du nombre de ses éléments et de son acuité, mais encore de la façon dont l'animal peut l'utiliser. Une vue qui bondit dans les airs comme celle des insectes aériens doit nécessairement fournir à son possesseur par adaptation héréditaire au moyen de la sélection et à l'aide d'associations rapides une faculté d'orientation admirable dans l'espace, dès que celle-ci devient utile, comme c'est le cas chez les hyménoptères sociaux. Ce qui ne suffit pas à nous orienter, suffit à orienter une abeille par la vue, dès que son instinct, ses obsessions attentionnelles l'y poussent.

Nous avons vu (Exner) que l'œil à facettes fournit une perception des déplacements supérieure à celle du nôtre. Or, dans l'orientation au vol, tout est déplacement ou mouvement relatif. Sans doute la vue des abeilles et des insectes en général n'est pas notre vue. Je l'accorde pleinement à Bethe, et je n'ai cessé de le prouver de cent façons ; elle est bien plus mauvaise pour certaines choses, mais meilleure pour d'autres. Or Bethe qui est d'une sévérité outrée pour tout ce qui sent de loin l'anthropomorphisme, même pour les études les plus permises au moyen de l'analogie, tombe lui-même dans un anthropomorphisme des plus étroits en posant son dilemme qui est à peu près celui-ci :

« Les abeilles ne s'orientent pas *comme l'homme* par la vue. Donc ce n'est pas par la vue, mais par une force mystérieuse qu'elles s'orientent ». C'est du moins le sens de sa logique unilatérale. Pour lui il n'y a pas de milieu possible. Pour nous bien au contraire. Nous disons : *Natura non fecit saltum*. La vue, comme l'odorat, s'est modifiée et adaptée à des buts très divers. En outre, la façon dont le cerveau l'utilise varie avec les aptitudes et les tendances de ce dernier. De là tant de nuances, tant de variations, tant de complications. Que Bethe opère sur les guêpes, il verra déjà à quel point cet hyménoptère social, voisin cependant de l'abeille, s'oriente d'une façon différente, grâce à un odorat bien plus développé et à une vue différente.

Bethe conclut en fin de compte : « Les abeilles obéissent à une

« force qui nous est absolument inconnue et qui les force à revenir à la place de l'espace d'où elles sont parties. Cette place est d'ordinaire le rucher, mais pas nécessairement. L'action de cette force ne s'étend qu'à quelques kilomètres à la ronde ».

Nous sommes très redevables à Beth e de ses expériences aussi ingénieuses que patientes. Elles enrichissent nos connaissances de faits très intéressants.

Mais je suis obligé de combattre ses conclusions comme préconçues, unilatérales et d'un absolutisme absolument contraire à la logique et à l'esprit scientifique.

Chemin faisant, j'ai fait une série d'objections de détail aux expériences de Beth e. Lui-même est obligé d'accorder à la suite de ses propres expériences qu'il se produit chez les abeilles une sorte d'habitude (entraînement) et qu'elles se déshabituent aussi. Or qu'est-ce qu'une habitude sans souvenirs ? Les expériences de Beth e ne parlent-elles pas clairement contre lui ? Au bout de 5 semaines les abeilles ont encore le souvenir de l'ancienne place de leur porte qui avait été déplacée. Mais au printemps, après le sommeil d'hiver, tout est oublié.

Pourquoi une partie des abeilles lâchées à 3 kilomètres reconnaissent-elles leur chemin, et l'autre pas ? La force inconnue et aveugle de Beth e, qui les ramène au rucher, devrait être la même pour toutes. Et pourquoi s'élèvent-elles d'abord en l'air en tournoyant, tout comme les pigeons, sinon pour se reconnaître. La force aveugle pourrait attirer les unes plus vite, les autres plus lentement vers le rucher, mais pas les unes au rucher et les autres à la place d'où on les a lâchées. Au contraire la différence s'explique simplement si l'on admet que les unes ont retrouvé des points de repère qui les orientent, les autres pas. Ces dernières, sans doute les plus jeunes, comme chez les pigeons, n'ont alors d'autre ressource que de revenir sur leurs pas, comme tout animal ou homme qui s'est perdu.

Et enfin, je le répète en insistant, si une force indépendante de la vue guidait les insectes au vol, les insectes aux yeux vernis s'orienteraient exactement après s'être envolés ; l'objection de Beth e, indiquée plus haut, n'en est pas une ; c'est un faux fuyant.

Mais d'autres considérations montrent encore l'erreur où se trouve Beth e. J'ai parlé plus haut d'un nid de bourdons (*Bombus*) placé sur ma fenêtre et de la peine énorme que ces insectes avaient à le retrouver, ainsi que de la façon dont ils examinaient d'abord d'autres fenêtres analogues avant de le trouver. Les Bourdons localisent plus mal que les abeilles ; je crois pouvoir l'affirmer. En tout cas cette expérience parle absolument contre la « force inconnue »

de *B e t h e*. Celle-ci aurait dû ramener les bourdons en droite ligne à leur nid.

Pour nous rendre un compte exact de l'orientation des insectes au vol, il faudrait que nous puissions penser comme eux. Le problème est sans doute rendu bien plus difficiles de ce fait que nous ne le pouvons pas. Mais ce n'est pas une raison pour jeter l'enfant avec le bain comme le fait *B e t h e*, et pour renier toutes les analogies. S'il en est de fallacieuses, il en est au contraire de très suggestives. Le tout est de les distinguer autant que possible pour approcher de la vérité.

Pour nous-mêmes, voir, regarder et comprendre sont trois, mais nous ne voyons bien que ce que nous regardons et surtout ce que nous comprenons. Nous sommes aveugles (d'esprit) pour les choses que nous ne comprenons pas et pour celles qui n'attirent pas notre attention. Nous passons souvent à côté, comme si nous ne les voyons pas. Or tout porte à montrer qu'il en est de même chez les insectes. Seulement comme le 99 pour 100 de leurs actes se produit d'une façon automatiquement fixée par l'hérédité, il s'en suit nécessairement qu'ils ne comprennent à leur façon petite et bornée que le 1 pour 100 peut-être de ce qu'ils font. Voilà pourquoi, éblouis par cet immense automatisme de l'instinct, nous sommes tentés de raisonner à la *B e t h e*, de ne voir que lui, et de nous extasier, comme *F a b r e*, devant la bêtise de cet insecte qu'on a désorienté en coupant la filière de ses actes et qui ne sait chercher que l'orifice de son nid détruit, ne voyant pas ses larves sur les quelles il marche, ou de ces abeilles qui bourdonnent des heures en l'air deux mètres devant leur rucher, sans comprendre où il est, et que c'est lui qui est devant-elles.

Mais comme je l'ai dit, l'homme en somnambulisme nous offre une singulière dissociation de l'activité cérébrale qui circonscrit le champ de son attention et le rend sourd et aveugle pour ce qui ne s'y rapporte pas. En somnambulisme hypnotique, de même qu'en rêve, nous faisons des bévues assez semblables à celles des abeilles; nous agissons très automatiquement, nous allons mécaniquement à un but comme elles vont à l'ancienne place de la porte de leur rucher déplacé, sans voir ce qui nous crève les yeux. Sans doute l'analogie est incomplète. Mais elle renferme un grand fond de vérité. Dans les deux cas, c'est l'activité automatique des centres nerveux qui prédomine, laissant l'activité plastique à l'arrière plan. Seulement chez l'homme il s'agit d'inhibitions passagères, chez l'insecte d'une impuissance due à la petitesse de son cerveau. Et cette impuissance ressort d'autant plus que les séries localisées d'actes adaptés à des buts spéciaux sont plus fixées et plus complexes.

Ainsi la bêtise de l'abeille ressort d'autant plus qu'elle a des instincts complexes plus fixés que la plupart des fourmis et que les guêpes.

Avant de prendre congé des abeilles de *Beth e*, je propose, ici aussi, une expérience décisive. Qu'on prenne un rucher et le transporte fermé (de nuit) à 40 ou 60 kilomètres au moins pour être certain que la « force mystérieuse » ne puisse ramener aucune abeille à son ancienne place. Qu'on le maintienne un ou deux jours fermé après l'avoir placé dans un lieu assez masqué pour qu'il ne puisse être vu à plus de quelques mètres. Avant de permettre à aucune abeille de sortir librement, on en introduira une vingtaine dans une boîte par un procédé quelconque et on les marquera soigneusement avec une même couleur. Puis on les portera, dans la boîte fermée à 300 ou 500 mètres, sans leur avoir permis de voler pour s'orienter.

Si j'ai raison, elles seront incapables de voler à leur rucher, n'ayant pu s'orienter au vol par la vue. Si *Beth e* a raison, la force mystérieuse indépendante de la vue les ramènera droit à leur rucher. Il faut avoir un système qui permette d'adapter une boîte à l'entrée du rucher et d'y faire entrer les abeilles sans qu'aucune puisse s'envoler. Ensuite, après avoir répété deux ou trois fois l'expérience, ou marquera d'une autre couleur des abeilles qu'on laissera partir du rucher et l'on observera leur vol d'allée et de retour.

**B. — Fourmis.** — Les expériences de *Beth e* sur les fourmis sont beaucoup plus faibles que celles sur les abeilles. Comme ses conclusions ont déjà été magistralement réfutées par *Wasmann* (*Die psychischen Fähigkeiten der Ameisen* : Stuttgart, 1899 bei Erwin Naegele ; Heft 26 der zoologica von D. Carl Chun aus Leipzig), nous serons plus brefs à leur égard.

Je rappelle d'abord une expérience peu connue que j'ai publiée dans les *Annales de la société entomologique de Belgique* 1886, Tome XXX, p. 136 (*Forel, Études myrmécologiques en 1886*) « Des « *Formica pratensis* avaient déménagé d'un nid à un autre. Le déménagement terminé, quelques ouvrières continuèrent à aller visiter « des pucerons sur un arbuste qui se trouvait sur la ligne où le « déménagement avait eu lieu. Je saisis à plusieurs reprises des « ouvrières qui revenaient de l'arbuste à leur nid, l'abdomen gonflé de miellée, et je les plaçai chaque fois de nouveau sur la ligne « du déménagement, mais à un mètre environ de l'endroit où je « venais de les prendre. Revenues de leur premier étonnement, et après « avoir fait quelques circuits très courts, elles se mirent chaque « fois, sans se tromper, en route dans la bonne direction les conduisant à leur fourmilière, jamais en sens inverse. Je demande



« quelle peut être dans ce cas la piste qui les guide au milieu  
 « de toutes les pistes de leurs compagnes allant dans les deux  
 « sens. Et en admettant que ce soit leur propre piste lors qu'elles  
 « étaient allées à l'arbuste, comment ont-elles pu distinguer si  
 « elles devaient la suivre dans un sens ou dans l'autre, puisqu'elle  
 « devait être égale des deux côtés et que la piste fraîche qu'elles  
 « laissaient du côté de l'arbuste en avançant vers leur nid n'était  
 « plus là pour les guider, grâce à mon stratagème. L'idée d'une  
 « piste, comme nous nous la faisons ne suffit plus ici, et comme  
 « les fourmis voient mal, je crois devoir émettre une nouvelle opi-  
 « nion à ce sujet.

« D'abord il n'est pas question d'un sens vague de la direc-  
 « tion, car lorsqu'on met des fourmis en tas en un lieu inconnu  
 « d'elles, et qu'on pose l'une d'elles à deux ou trois mètres du tas,  
 « elle est absolument incapable d'en trouver la direction. Il faut  
 « donc qu'elles connaissent les lieux. Or l'expérience prouve qu'el-  
 « les les reconnaissent avec les antennes, car, privées d'antennes,  
 « elles ne peuvent plus se guider. Certaines expériences de L u b-  
 « b o c k semblent prouver que la direction de la lumière, les om-  
 « bres, les guident à côté de l'odorat. Mais quand le temps est  
 « couvert, et même la nuit, elles se dirigent comme de jour.

« Je commence à croire que nous pourrions être ici en présence  
 « d'un fait physiologique et psychologique très important. Les orga-  
 « nes des sens internes (le goût, et l'odorat) ne nous procu-  
 « rent, on le sait, que des sensations mal délimitées ou même pas  
 « du tout délimitées dans l'espace. Herbert Spencer (*Prin-  
 « cipes de Psychologie*) croit que cela vient de ce que les terminai-  
 « sons nerveuses sont intérieures et par suite affectées toutes à peu  
 « près de la même façon (en tourbillon, sans règle) par l'agent  
 « chimique excitateur, tandis que pour la vue et le toucher les  
 « agents excitateurs se localisent, affectant tantôt une partie, tantôt  
 « une autre de la peau ou de la rétine. Il paraît exister là une  
 « vérité très générale, car nous localisons bien aussi nos impres-  
 « sions de toucher cutané, mais très mal nos impressions viscéra-  
 « les. Or les sens dont les impressions sont localisées sont en même  
 « temps ceux qui nous font connaître l'espace. Je crois pouvoir en  
 « conclure que l'odorat des insectes peut avoir des particularités  
 « d'énergie spéciale que n'a pas le nôtre (localisation des impres-  
 « sions dans l'espace). Cette localisation, jointe à celle du toucher  
 « et à la mémoire, doit suffire à donner à certains insectes cette  
 « étonnante connaissance des lieux..... impossible à expliquer par  
 « l'odeur vague d'une piste. La fourmi distingue probablement les  
 « impressions de son antenne droite de celles de son antenne gau-

« che, celles de la face gauche et de la face droite de chaque antenne, « les impressions qui viennent du côté gauche en général de « celles qui viennent du côté droit. Ainsi elle distingue par ses « antennes et connaît les deux côtés du chemin, de sorte que, mise « tout à coup à un endroit quelconque des lieux qui lui sont ainsi « connus, elle s'oriente avec ses antennes par les objet qui l'entou- « rent et sait dans quelle direction est son nid, de même que nous « nous reconnaissons en cas pareil par la vue distincte et sa mé- « moire (mémoire des lieux vus). Le fait que l'homme ne peut pas « se représenter un odorat localisant dans l'espace n'infirmé en rien « notre hypothèse. La foule énorme de terminaisons nerveuses répan- « dues les unes à côté des autres sur la massue des antennes est « extrêmement propre à une fine localisation ».

Cette expérience a été faite et publiée en 1886.

Il est intéressant de voir Bethe, qui ne la connaît pas, arriver au même résultat, mais à une toute autre interprétation. Il observe la route suivie par les fourmis en les faisant marcher sur du papier enfumé, où elles laissent la trace de leurs pattes. Il observe qu'elles font de nombreux circuits et trouvent leur nourriture par hasard, non pas en la flairant de loin. Ces faits sont connus dès longtemps, mais pour le flair de loin il faut faire des restrictions. Bethe n'a opéré que sur trois espèces deux *Lasius* et un *Tetramorium*. Or l'acuité de l'odorat et de la vue varient beaucoup selon les espèces. En outre il a observé qu'au retour elles abrègent leur route en prenant les raccourcis que la piste leur offre, là où les anciens circuits se croisent. Ainsi la répétition fréquente d'un chemin rend leur route de plus en plus droite.

Puis Bethe « découvre » que la trace ou piste des fourmis est « polarisée », c'est à dire qu'elles distinguent la direction du nid de celle du lieu périphérique où elles vont chercher leur nourriture. C'est donc exactement ce que j'avais montré fort simplement en 1886. Mais Bethe y voit immédiatement une polarisation mystérieuse, une force inexpiquée. Son expérience est fort jolie. Il fait passer ses fourmis sur un disque capable d'être tourné horizontalement. Lorsque les fourmis y ont passé un certain temps, il le tourne de 180°. Alors les fourmis, lors même que la piste est conservée, s'arrêtent, vont et viennent fort agitées sur le disque; cela provoque un assemblément de fourmis hésitantes, et ce n'est que lorsque leurs circuits les ont amenées de l'autre côté que, retrouvant la piste dans le bon sens, elles continuent tranquillement leur route, soit au nid, soit aux pucerons. Le fait s'explique admirablement par mon hypothèse à laquelle il donne une base de plus. En effet: sur le disque tourné la piste est continue avec celle de ses

deux extrémités, mais en sens inverse, la droite à gauche, et la gauche à droite. Il en résulte que l'odorat au contact des antennes de la fourmi perçoit tout-à-coup une transposition de l'espace qui nécessairement la désoriente d'après ce que j'ai écrit en 1886. La polarisation de Bethe réside tout simplement dans la reconnaissance des détails de l'espace et de leurs positions relatives au moyen de l'odorat relationnel au contact des antennes. Nous y reviendrons.

En outre Bethe s'imagine réfuter Lubbock et me réfuter en affirmant que la vue ne joue aucun rôle dans l'orientation des fourmis et que les *F. pratensis* dont j'avais verni les yeux avaient peine à se retrouver au dehors seulement parce qu'elles souffraient. Il faut vraiment une forte dose de suffisance pour porter de pareils jugements à propos d'insectes qu'on connaît à peine. Mes fourmis vernies se portaient parfaitement bien et se dirigeaient lestement dans leurs boîtes, ce dont Bethe ne tient nul compte, lors même que je l'ai nettement affirmé dans mon travail.

Dans une boîte, toujours la même, avec ses simples et étroites dimensions, la tâche était en effet très simple. Mais si Bethe connaissait les fourmis comme je les connais, il saurait que la façon dont se dirigent les *Eciton* aveugles, en palpant perpétuellement la terre est toute autre que celle dont se dirigent les *Formica* qu'il ne connaît pas, et qui ont relativement bonne vue. Il serait sans doute fort étonné de voir la façon dont les *Pseudomyrma* d'Amérique, avec leurs grands yeux, courent sûrement par saccades rapides sur les arbres, en se dirigeant plutôt par la vue que par les antennes. En un mot il généralise en bloc sur les trois ou quatre espèces d'insectes qu'il a observées, sans s'être donné la peine de faire des comparaisons avec des formes dont les sens ont un développement différent.

La vieille expérience du doigt frotté sur la piste des *Lasius* qui en sont désorientés a été refaite par Bethe avec le même résultat qui s'explique de soi. L'odeur du doigt efface ou plutôt recouvre les odeurs de la route des fourmis et désoriente un moment ces dernières.

Les *Lasius* et les *Myrmica* sur lesquels Bethe a opéré ont la vue peu développée et se dirigent presque exclusivement par l'odorat, ce qui explique le jugement unilatéral de notre auteur.

Je tiens à revenir sur l'odorat des antennes, car mon opinion citée ci-dessus paraît avoir été ignorée ou mal comprise. Willibald Nagel, qui seul en a sérieusement tenu compte, n'en a retenu que l'odorat au contact, c'est-à-dire la distinction chimique au contact par les organes sensoriels de la massue des antennes.

Mais là n'est pas le principal. Représentons nous un instant que nous ayons sur la peau des mains un sens nous donnant la connais-

sance exacte des mille odeurs et nuances d'odeurs de tous les corps qui nous entourent, non seulement lorsque nous les touchons, mais même sous forme d'émanations plus subtiles à une certaine distance. Représentons nous ces mains en fuseau arrondi, placées au bout de deux longs fouets mobiles que nous n'aurions qu'à agiter à chaque pas pour palper notre chemin à droite, à gauche, en dessus, en dessous. Remarquons que si les émanations des divers objets et portions objets localisés dans l'espace se confondent un peu à distance, la nature chimique de leurs surfaces est au contraire très nettement localisée par les limites des dites surfaces. Enfin n'oublions pas quelle variété presque infinie les odeurs présentent, même à notre odorat humain relativement peu développé.

Cela dit, voyons ce qu'un pareil organe doit nécessairement nous faire connaître. D'abord il nous montrera au contact direct, à la surface de tous les objets qui nous entourent, tout une carte géographique de champs odorants différenciés les uns des autres, les uns grands, d'autres petits, les uns ronds, d'autres allongés, etc. Bref il nous donnera des limites nettes infiniment plus variées que le toucher qui ne donne que la résistance et les contours. Mettons-nous à la place d'une fourmi dans un pré. Un coup d'antenne lui fera sentir l'odeur allongée d'un brin d'herbe, l'autre l'odeur arrondie et différente d'une autre feuille, un troisième celle d'une motte de terre, un quatrième celle d'un insecte qui passe et ainsi de suite. Si l'une de ces odeurs lui rappelle un objet recherché, elle se jettera dessus ; si une autre lui annonce un ennemi dangereux, elle fuira ; si une troisième est douteuse, mais semble digne d'intérêt, elle s'arrêtera et la palpera avec soin. Tous ces champs odorants, répartis dans les trois dimensions de l'espace, formeront dans sa mémoire des perceptions, des images à relations topographiques nettes. Seulement ce sera une topographie de nature chimique, avec des odeurs comme élément d'énergie spéciale.

Mais plus ! Notre fourmi sentira des émanations à distance, venant de droite, de gauche, d'en haut, d'en bas. Ces émanations prolongeront en l'air sa géographie chimique de l'espace, mais d'une façon plus confuse. *Sa propre odeur, déposée sur le chemin sous forme de piste, celle des points touchés à l'allée par ses antennes, aura pour elle une forme précise.* Bref un monde de connaissances localisées, en relations fort précises sera de cette façon projeté dans son cerveau. Si nous étions doués d'un pareil sens, le monde serait transformé pour nous. L'odorat deviendrait un sens des formes, une source d'art, dont nous ne pouvons nous faire qu'une faible idée.

Il va sans dire que le cerveau d'une fourmi n'en peut tirer que

ce que son exiguité peut en faire. Cependant le fait est là, clair et incontestable. Je suis étonné qu'on l'ait tant négligé.

Il s'agit donc d'un sens chimique qui donne des relations exactes entre les différentes portions de l'espace, relations très exactes au contact, plus fondues, mais encore fort appréciables à une distance rapprochée.

C'est ce que j'ai appelé *odorat relationnel*, pour indiquer cette fonction fondamentale d'un sens de l'odorat, mobile et tourné en dehors, donnant à son porteur les relations de l'espace par *l'odorat au contact*, en tenant spécialement compte de l'attouchement direct par les antennes. On pourrait appeler *Chemaphesthesie* la faculté de l'odorat au contact et *sens topochimique* l'odorat relationnel. Dans le langage de Bethe il faudrait parler de réflexes topochimiques, mais sa théorie lui interdisant toute analogie il ne peut même supposer pareille chose et tout ce domaine lui reste nécessairement clos. Pour lui il n'existe qu'une « polarisation inexplicable ».

Plus encore, Spencer montre que des relations nettes de forme pour l'espace, de séquences pour le temps, de différences qualitatives pour tous deux sont nécessaires à la combinaison des sensations, c'est-à-dire à la formation de perceptions et de souvenirs associés et associables. C'est pour cela que l'homme n'est pas capable d'associer distinctement les odeurs et les sensations viscérales à ses souvenirs. Pour l'odorat antennaire ou topochimique, il doit donc nécessairement en être autrement.

Les antennes nous offrent dans leur massue, chez les hyménoptères sociaux, deux sortes de terminaisons nerveuses régulières, différentes des poils tactiles ordinaires : les massues olfactives de Leydig et les plaques olfactives des auteurs. Les massues sont hérissées à la surface de l'antenne et doivent entrer surtout en action au contact. Les plaques sont aplaties, s'élevant à peine au dessus de la surface de l'antenne, paraissant ainsi plus appropriées à l'odorat à distance. Elles sont très développées chez les Ichneumonides. Parmi les fourmis, le *Polyergus rufescens* possède les plaques les plus différenciées que je connaisse, mais ses massues sont aussi très apparentes et très distinctes.

Bien n'est plus instructif pour étudier la façon dont les fourmis se dirigent que d'observer les expéditions de la fourmi amazone (*Polyergus rufescens*), et celles des *Eciton*, mais surtout celles des *Polyergus*. J'en ai fait une longue étude dans mes *Fourmis de la Suisse* (1874), et j'y renvoie pour le détail. Je ne comprends pas comment Bethe peut passer de pareils faits sous silence et lancer sa théorie de polarisation en regard de faits qui ne peuvent s'expliquer que par une mémoire des lieux, par la mémoire en général.

Cette mémoire est sans doute surtout olfactive, mais les mots de substance du nid ou d'odeur de famille, ne suffisent pas à l'expliquer.

Dans cette *Revue* (Vol. II, n. 3, 1900), à propos des moeurs des fourmis de l'Amérique du Nord, j'ai cité mes observations sur la faculté admirable d'orientation d'un *Eciton* aveugle, l'*Eciton carolinense*. Cette orientation a lieu exclusivement au moyen de l'odorat topochimique des antennes. Aussi les antennes sont elles dans un mouvement perpétuel, tâtant chaque parcelle de terrain, les compagnes et les larves. L'unilatéralité de ce mode d'orientation l'a poussé à une perfection extrême. Lorsqu'on dépose une poignée, de ces *Eciton* en un lieu inconnu, très éloigné de leur nid, la carte géochimique est immédiatement dressée et reconnue, à chaque pas que fait chaque fourmi, avec une précision incroyable. Dès que l'*Eciton* a suivi une ligne, il la retrouve sans hésitations, sans s'écarter d'un millimètre, sûr de ne la confondre avec aucune autre, si nombreux que soient les croisements. Je renvoie à mon article et je regrette seulement que nous n'ayons pas d'*Eciton* en Europe, car mes observations n'ont pu être que très courtes et sommaires.

Voici en quelques mots ce que nous observons chez nos *Polyergus* (fourmi esclavagiste) d'Europe :

Incapables de soigner leur progéniture et même de manger seules, ces singulières « ouvrières » ont l'instinct de se réunir en phalanges dans les belles après midi de juillet, d'août et de septembre. A un signal donné par quelques initiatrices du mouvement qui frappent les autres de leur front, presque toutes les amazones sortent du nid et partent en rangs assez serrés dans une direction donnée, à une vitesse d'environ un mètre en 40 secondes dans le gazon et en 25 ou 30 secondes sur un terrain dénudé. Souvent quelques essais de départ se produisent, sans que suite y soit donnée, surtout si le temps est douteux. La phalange, composée d'environ 300 à 1500 fourmis, avance en ligne assez droite, sans hésiter. Cependant les fourmis qui sont en tête reviennent souvent en arrière, comme pour s'orienter ou s'assurer qu'elles sont suivies, de sorte que la tête de l'armée change. Mais fort souvent cette tête hésite, cherche de droite et de gauche, s'arrête même. Alors toute l'armée s'éparpille et cherche, longtemps souvent, palpant tout de ses antennes. On peut observer en ce cas les signaux individuels et les mouvements généraux. Quelques fourmis, jusque là hésitantes, une seule peut-être, reconnaissent enfin le chemin à suivre, reprennent soudainement une allure rapide, frappent les autres de leur front et partent dans une direction qui forme assez souvent un angle avec la précédente. L'impulsion est ainsi communiquée, et toute l'armée

la suit, la vue aidant au sens topochimique dans ces mouvements rapides d'ensemble. Rarement deux « têtes » d'armée se forment à la fois, partant chacune dans une direction différente. Alors l'armée se divise en deux et chaque partie va piller une autre fourmilière, à moins que l'une des têtes ne revienne sur ses pas et ne suive l'autre, ou ne rentre découragée à la maison. Tous ces cas se présentent et d'autres encore. Plusieurs arrêts pareils peuvent se succéder dans la même expédition. Parfois ce ne sont que de courtes hésitations, mais parfois aussi les fourmis ne peuvent, malgré de longues recherches, arriver à trouver leur chemin et rentrent chez elles bredouilles. En général elles découvrent un nid de *Formica fusca* ou *rufibarbis*, y pénètrent et en ressortent un instant après, tenant chacune entre leurs mandibules une larve ou une nymphe qu'elles rapportent à toute vitesse chez elles. J'ai vu parfois l'armée passer presque à côté du nid qu'elle cherchait sans le trouver, mais s'y ruer dès que je l'eus mise sur la voie en semant quelques nymphes de *fusca* avec des mottes de la terre du nid dans sa direction. Au retour de l'armée, il n'y a jamais d'hésitation; le souvenir olfactif (piste topochimique) et visuel de l'allée a suffi pour faire connaître à chaque fourmi le chemin exact. A ce propos notons deux faits. J'ai observé une armée amazone traversant un gazon qu'on venait d'inonder pour les empêcher de passer, malgré l'eau, en s'accrochant aux brins d'herbe, puis traverser une route balayée par la poussière d'un vent violent, tout cela sans perdre son orientation. Toute tête d'armée veut être suivie. Si quelques amazones parties en avant ne sont pas suivies par une troupe suffisante (j'ai observé une exception), elles reviennent sur leurs pas. Rentrées chez elles, les amazones jettent parfois les nymphes volées à leurs esclaves et repartent immédiatement piller le même nid à nouveau s'il renferme encore du butin, ou un autre s'il n'en renferme plus. Plus souvent elles introduisent elles-mêmes le produit de leur rapine dans leur nid, et n'en ressortent plus ce jour là. En fait donc, elles savent si le nid pillé renferme encore des nymphes ou s'il n'en contient plus. Dans le premier cas seulement elles y retournent, tantôt le même jour, tantôt le lendemain, si l'heure est trop tardive, et cette fois sans arrêts ni hésitations. Ces faits me semblent donner une preuve irréfutable de leur mémoire. Il faut qu'elles se rappellent si le nid pillé renferme oui, ou non, encore des nymphes, c'est-à-dire s'il y en avait beaucoup ou peu. Ni les réflexes, ni les odeurs, ni les traces polarisées ne peuvent expliquer la chose, et je n'ai jamais vu des *Polyergus* piller plusieurs fois de suite un nid qui ne renfermait plus de nymphes.

J'ai observé ou fait observer pendant un seul été (1873) 44 expé-

ditions exécutées en 30 après midi par une seule fourmière de *Polyergus rufescens*, et j' ai calculé que ces fourmis doivent avoir rapporté chez elles près de 29000 nymphes d'esclaves en ce seul été.

Comment les *Polyergus* découvrent-ils des nids de *Formica fusca* situés souvent à 40 ou 60 mètres du leur et fort cachés ? Au printemps, et dans les matinées de l'été, des *Polyergus* ouvrières sortent individuellement de leur nid et explorent à de grandes distances les environs, découvrant ainsi les nids des espèces qu'elles pillent. On peut admettre avec certitude que ce sont ces exploratrices qui deviennent plus tard les initiatrices des directions, tant au départ que lors des arrêts d'hésitation de l'armée. Et c'est ainsi que l'odorat topochimique antennaire joue son rôle. Lors d'un arrêt, l'une des ouvrières qui cherchent retrouve, grâce à sa mémoire topochimique des lieux, des points de repère qui l'orientent et part en entraînant les autres à sa suite. Je crois, avec Lubbock, que la vue aide à l'orientation des *Polyergus*, mais Fabre en a énormément exagéré l'importance. Privé de ses antennes, un *Polyergus* ne peut plus s'orienter.

Sans avoir eu, semble-t-il, connaissance de mes expériences, Fabre (*Souvenirs entomologiques 1882*) a essayé de dépister les amazones au retour en mettant du sable sur leur passage, en inondant (comme dans mon cas), en mettant de l'odeur de menthe sur leur route, enfin en y plaçant du papier. Les amazones hésitent, cherchent, mais finissent par franchir l'obstacle et par reprendre le bon chemin. J' ai fait des observations toutes semblables. Cela montre que leur vue leur aide à s'orienter, mais pas du tout qu'elle seule les oriente. Et Fabre oublie complètement que la fourmi au retour sait et sent par sa piste de quel côté elle vient et en induit nécessairement qu'elle doit se diriger en sens inverse pour rentrer chez elle. Arrive une interruption (la nature en produit parfois), elle hésite, puis, comprenant de quoi il s'agit, puisque la piste qu'elle a derrière elle la ramènerait au nid pillé et non chez elle, et qu'il n'y en a pas d'autre, se souvenant en outre qu'elle a passé par là peu de temps auparavant, elle n'hésite plus à traverser l'interruption en continuant au hasard la direction de la piste qu'elle vient de suivre. Et en effet, après l'obstacle, elle retrouve sa piste de l'autre côté. Je suis persuadé qu'on finirait par désorienter l'armée, si l'on interrompait sa piste sur une grande longueur, en couvrant, p. ex., le gazon de sable sur 20 ou 30 mètres. Mais alors, en cherchant, les fourmis contourneraient l'obstacle et finiraient peut être par trouver aux environs quelque autre piste connue d'elles.

Que reste-t-il de la force inconnue de Bethé et de sa polarisation en regard de tous ces faits ?



F a b r e accorde que ce sont les souvenirs des lieux qui guident les amazones. Il fait de charmantes expériences sur les *Pompilus* en changeant chaque fois de place l'araignée paralysée que ces insectes déposent, et en montrant qu'ils retrouvent toujours, sans hésiter, la dernière place (qu'en dit Bethe ! ?). Il leur accorde aussi la mémoire des lieux. Pourquoi la refuse-t-il à ses *Chalico-doma* ? Singulière inconséquence !

Si l'odorat ne fournit pas à l'homme d'images souvenirs, c'est, comme H e r b. S p e n c e r l'a montré, à cause de l'incapacité absolue du tourbillon des odeurs de se grouper en rapports précis d'espace ou de coexistence sur la muqueuse olfactive de notre nez et par suite de former des souvenirs nettement associés dans notre cerveau. *Pour le sens topochimique des antennes il en est tout autrement. Les relations précises qu'il donne dans l'espace doivent nécessairement fournir des perceptions associées et des souvenirs précis des portions successives ou juxtaposées de l'espace parcouru à tout cerveau capable de les emmagasiner.* Il doit même fournir des relations de séquence ou de temps plus précises que celles que nous donne notre odorat.

Il ne s'agit point là d'une hypothèse en l'air, mais de faits palpables et absolument certains. Seulement, pour les comprendre, il est nécessaire d'étudier la psychologie des sens, des sensations et des perceptions. N'en déplaise à Bethe, la psychologie comparée nous réserve encore de nombreuses lumières dans ce domaine dont il se ferme la porte de parti pris.

**Résumé sur la faculté d'orientation aérienne et terrestre  
à distance des insectes et des animaux supérieurs ainsi que sur  
le sens topochimique antennaire.**

La faculté d'orientation en dehors du corps même de l'individu ne repose ni sur une force spéciale, mystérieuse, ni sur un sens inconnu, statique, géotropique ou autre, ni sur un sixième sens, ni sur les canaux semicirculaires. Elle est le résultat de l'expérience des sens connus, combinés ou non, surtout de la vue et de l'odorat, selon les cas et les espèces. Dans l'orientation aérienne, c'est la vue qui prédomine de beaucoup. Le cas du pigeon voyageur constitue le cas d'orientation aérienne le plus surprenant. Puisqu'il s'explique par la vue, il est oiseux de rechercher dans ce domaine d'autres causes mystérieuses. Dans l'orientation terrestre, l'odorat joue souvent un rôle prépondérant, mais cède le pas à la vue chez beaucoup d'animaux, parmi lesquels l'homme, les singes, les reptiles

arboricoles, certains insectes, etc. Dans l'orientation souterraine et cavernicole l'odorat et le toucher règnent en maîtres. Chez les araignées, c'est le toucher qui est le sens orientateur principal. Nous traiterons plus tard, dans un chapitre à part, de l'orientation dans les milieux aquatiques.

Cependant il faut reconnaître que certains sens subissent dans la série animale des transformations morphologiques et physiologiques considérables qui modifient beaucoup leur qualité et le genre de connaissances qu'ils procurent. Tel est le cas de *la vue par les yeux facettés* et de *l'odorat topochimique des antennes, tant au contact qu'à distance*. Comme notre palais à côté du goût, les antennes renferment, à côté du sens topochimique, un sens topomécanique ou toucher. L'orientation aérienne des chauves souris mériterait encore une étude spéciale.

AUGUSTE FOREL.