

par le chimiste et homme politique français Antoine-François Fourcroy. Après sa mort, son travail continue à être cité dans les manuels de chimie médicale et de médecine légale jusqu'à la découverte du rôle des micro-organismes par Pasteur dans les années 1850. Aujourd'hui, à défaut d'avoir une quelconque valeur scientifique, son *Essai* reste une référence pour les historiens de l'hygiène urbaine...

Mais déjà, le suivi quotidien des expériences ne suffisait plus à satisfaire les aspirations intellectuelles de l'expérimentatrice. Ses deux grandes traductions scientifiques à peine publiées, elle s'est tournée vers les lettres. Lorsqu'elle réunit – à l'exception de l'histoire – l'ensemble de ses travaux et quelques inédits, un seul des sept volumes de ses *Mélanges de littérature, de morale et de physique* (1775-1776) est consacré aux sciences. En quelques années, Mme d'Arconville est devenue une femme de lettres.

La démarche scientifique appliquée à l'histoire

Elle enchaîne d'autres genres à la mode : *Pen-sées et réflexion morales* (1760), *De l'amitié* (1761), *Des passions* (1764). Non sans succès : ces deux derniers traités donnent lieu à une édition pirate à Liège et à une traduction allemande (1770) sous la signature de... Diderot ! À l'inverse, l'*Essai sur l'amour-propre* de Frédéric II, lu cette même année à l'académie de Berlin, est bientôt porté à son crédit. Erreurs d'attribution qui auraient pu être moins flatteuses... Néanmoins piquée au vif dans son intégrité d'auteur, Mme d'Arconville marque sa propriété littéraire de façon inattendue : elle ne dévoile pas son identité, mais publie ses *Mélanges*.

Parallèlement, elle publie des traductions de littérature anglaise (romans, poésie et théâtre) et italienne et ses propres romans et poésies. Mais à partir de 1768, elle s'adonne surtout à l'histoire, qui l'accompagne sa vie durant. À dix ans, elle commençait à dévorer l'*Histoire ancienne* de Charles Rollin, publiée dans les années 1730. Elle affectionne les Grecs, mais

- Le 29 août 1763, le thermomètre 17d
- Le vent N.O. le ciel nuageux, la chaleur tempérée.
- Je mis deux gros de tranche de bœuf crud, & tué la veille, dans un bocal, couvert d'un papier, lié avec une ficelle.
- J'étois pour lors à la campagne, à quelques lieues de Paris. Le laboratoire où je faisais mes expériences étoit au rez-de-chaussée, un fossé fort large, rempli d'eau vive baignoit un des murs de ce laboratoire. De ce même côté étoit une fenêtre exposée au midi, & une autre vis-à-vis, exposée par conséquent au Nord. Ce lieu est assez humide.
- Le 30, le thermomètre 16d1/2
- Le vent N.N.O. le ciel comme la veille, mais le temps plus frais.
- Je trouvois que la viande avoit déjà contracté une odeur aigre, & que sa couleur étoit plus pâle.
- Le 31, le thermomètre 16d1/2.
- Le vent E. le ciel couvert & le temps frais.
- La viande étoit putride, quoiqu'elle fût toujours ferme. Je la jettai.



Clôthé E. Bardez

5. EXTRAIT DES NOTES PRISES PAR MME D'ARCONVILLE pendant ses expériences sur la putréfaction et publiées dans son *Essai pour servir à l'histoire de la putréfaction* (1766). « C'est particulièrement à l'étude de la fermentation, de ses différents degrés, & sur-tout à celui de la putréfaction, que nous sommes redevables d'un très grand nombre de connoissances utiles. Il n'y en a peut-être pas même de plus intéressantes dans toute la physique. C'est pour ainsi dire la clef de toutes les autres, & l'histoire de la nature entière. Tout ce qui a vie, soit animal, soit végétal, est soumis à son pouvoir », écrit-elle en introduction de son essai.

c'est à la période de la Réforme, omniprésente dans ses manuscrits, qu'elle consacre ses travaux : *Vie du cardinal d'Ossat* (1771), *Vie de Marie de Médicis* (1772), *Histoire de François II* (1783). Condamnant l'histoire officielle – elle critique un auteur écrivant « plutôt à la vérité en gazetier payé pour en rendre compte, qu'en fidèle historien » –, elle déniche des manuscrits inédits, les traduit et les édite avec des notes, devenant ainsi l'une des premières historiennes. Dans l'histoire, elle trouve enfin la possibilité de concilier ses préoccupations morales et son goût du récit, d'une part, développés dans ses travaux littéraires, et son attrait pour la recherche, sa démarche critique et le sentiment d'être utile, d'autre part, déployés dans ses travaux scientifiques.

Finalement, la clef de l'œuvre éclectique de Mme d'Arconville se trouve dans l'un de ses derniers essais inédits, *Sur l'observation* : l'observation est le moyen d'appréhender le monde – observation physique dans les sciences (botanique, anatomie, chimie) et observation morale en littérature (essais de morale, romans, histoire). ■

✓ BIBLIOGRAPHIE

P. Bret et B. Van Tiggelen (dir.), *Madame d'Arconville (1720-1805), une femme de lettres et de sciences au siècle des Lumières*, Hermann, 2011.

M.-A. Bernier et M.-L. Girou Swiderski (sous la dir.), *Mme d'Arconville, femme de lettres et femme de sciences, Studies on Voltaire and the Eighteenth Century*, à paraître. Nous les remercions de nous avoir autorisés à citer ces manuscrits.

M.-L. Girou Swiderski, *Écrire à tout prix. La présidente Thiroux d'Arconville, polygraphe (1720-1805)*, 2006, <http://aix1.uottawa.ca/~margirou/Perspectives/XVIIIe/arconvil.htm>.

A. Gargam, *Savoirs mondains, savoirs savants : les femmes et leurs cabinets de curiosités au siècle des Lumières*, *Genre et histoire*, n° 5, 2009.

EN IMAGES

Ventouses sous pression

Les ventouses des pieuvres peuvent sentir, goûter, agripper, manipuler et agir de façon autonome.

Frank GRASSO

A première vue, une ventouse de pieuvre (ou poulpe) ressemble à la coupelle de caoutchouc qui fait adhérer une fléchette à un mur, ou un GPS à un pare-brise. C'est en fait un organe remarquablement élaboré, qui peut non seulement adhérer plus ou moins aux objets, notamment pour capturer des proies, mais aussi les manœuvrer grâce à des groupes de muscles spécialisés.

Chaque ventouse de pieuvre comporte deux chambres : l'infundibulum, externe, et l'acetabulum, interne. Lorsque l'animal se trouve devant une palourde, par exemple, les muscles qui bordent la première chambre modifient la périphérie de la ventouse de façon à la faire adhérer à la surface de la coquille, formant un joint étanche. Sous l'infundibulum, les muscles de l'acetabulum se contractent alors, produisant à l'intérieur de la ventouse remplie d'eau une dépression importante par rapport à la pression de l'eau de mer environnante. C'est cette différence de pression qui provoque la succion. Plus les muscles de l'acetabulum se contractent, plus la dépression et la succion sont élevées. Simultanément, des muscles dits extrinsèques qui entourent la ventouse permettent à ses bords de faire tourner la cible, sans rompre le joint adhésif et sans réduire la différence de pression.

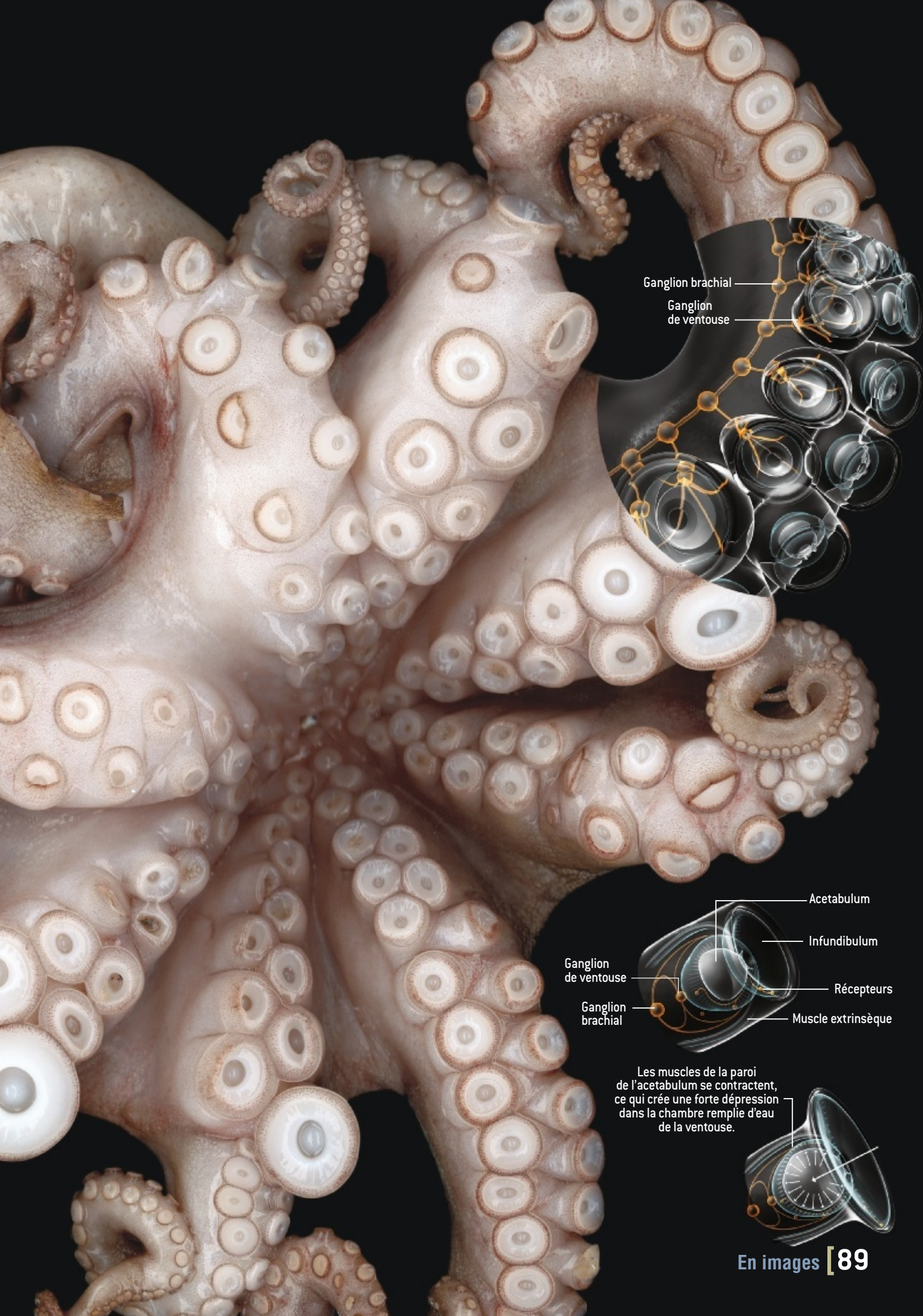
Par ailleurs, un réseau de neurones parcourt la ventouse. Des neurones spéciali-

sés dans la détection des substances chimiques présentes sur les surfaces – des chimiorécepteurs – tapissent ses bords. Avec les mécanorécepteurs et les propriocepteurs, qui relaient respectivement les messages de contact avec la cible et de pression, et ceux liés à l'activité des muscles, les chimiorécepteurs sont reliés à un ganglion nerveux propre à chaque ventouse.

Chaque ganglion de ventouse reçoit donc des informations sensorielles et coordonne les réactions cohérentes de la ventouse, telle les contractions. Ces ganglions sont connectés les uns aux autres par une chaîne de ganglions brachiaux plus grands, disposés le long de chaque bras (la pieuvre en a huit). Les ventouses d'un bras peuvent ainsi coordonner leurs mouvements en l'absence d'ordre moteur venant du cerveau central. Reste à élucider comment ce dernier et les deux types de ganglions collaborent pour contrôler précisément le fonctionnement des ventouses et la capture des proies.

Frank GRASSO, professeur de psychologie, dirige le Laboratoire de robotique biomimétique et cognitive de la Faculté Brooklyn, à New York.

© Corbis/Neumann (photo), Bryan Christie (dessins)



Ganglion brachial

Ganglion
de ventouse

Ganglion
de ventouse

Ganglion
brachial

Acetabulum

Infundibulum

Récepteurs

Muscle extrinsèque

Les muscles de la paroi
de l'acetabulum se contractent,
ce qui crée une forte dépression
dans la chambre remplie d'eau
de la ventouse.

LOGIQUE & CALCUL

Du rêve à la réalité des preuves

Les ordinateurs ne savent pas prouver seuls des théorèmes profonds. Cependant, grâce aux assistants de preuve, ils garantissent les démonstrations découvertes par les mathématiciens.

Jean-Paul DELAHAYE

Il y a 100 ans paraissait le premier des trois tomes des *Principia Mathematica* d'Alfred Whitehead et Bertrand Russell. En s'appuyant sur les travaux de Gottlob Frege, Giuseppe Peano, Richard Dedekind et Georg Cantor, cet ouvrage montre comment réduire les mathématiques à la logique symbolique. L'ouvrage est l'un des plus importants de l'histoire des mathématiques, car il montre pour la première fois qu'un savoir scientifique peut être entièrement formalisé.

Avant le travail de Whitehead et Russell, écrire une démonstration mathématique était un exercice de nature littéraire où il fallait convaincre les lecteurs d'une affirmation abstraite. L'acceptation d'une preuve ou son refus résultait d'un consensus entre spécialistes conduisant le plus souvent à un accord unanime. Dans toutes les sciences, cette situation prévalait : il n'y a pas de procédure automatique et absolue de validation d'un résultat ou d'une théorie. On dispose de méthodes de contrôle, variées selon les disciplines, mais l'affaire reste humaine et dans certaines situations, les désaccords persistent longtemps.

Avec les *Principia*, la formalisation des mathématiques fait basculer ces dernières dans une situation différente : vérifier si un résultat mathématique est juste peut être confié à un opérateur ignorant de ce dont

traite la démonstration et qui se contentera de contrôler si les règles de manipulations symboliques des *Principia*, en nombre fini et fixées à l'avance, ont été respectées.

Cette formalisation est un immense progrès, puisque plus aucune controverse ne peut exister sur la validité d'une preuve écrite dans le langage des *Principia*. Si quelqu'un prétend qu'une preuve est fautive, l'opérateur ignorant trouvera l'erreur. Tout se passe comme pour un calcul arithmétique : aucune faute ne peut se dissimuler. Grâce à la formalisation, et comme l'avait imaginé Leibniz avec sa *characteristica universalis* au XVII^e siècle, démontrer est devenu un simple calcul.

Tout cela est très beau, mais c'est un rêve : la formalisation proposée par Whitehead et Russell est trop complexe pour être pratiquée dès qu'on aborde autre chose que des théorèmes élémentaires de logique ou d'arithmétique. Dans les *Principia*, les preuves formelles sont rarement écrites entièrement, les auteurs se contentant de montrer qu'elles existent et d'indiquer ce qu'il faudrait faire pour les écrire.

Avec les *Principia*, les mathématiques deviennent formalisables *en principe*, mais pas en réalité. S'en tenir au langage des *Principia* conduit à des preuves dont la longueur empêche leur écriture effective et donc leur contrôle. Le formalisme des *Principia* n'est pas praticable et la

garantie qu'aurait dû donner le formalisme ne fonctionne pas.

D'autres formalisations générales des mathématiques ont été proposées, dont celle de Bourbaki, le célèbre mathématicien français polycéphale. Sa proposition, qui date des années 1930, s'appuie sur la théorie des ensembles et le logicien Adrian Mathias en a révélé une propriété cocasse. Dans le formalisme de Bourbaki, la notation complète pour désigner le nombre « 1 » est une longue suite de symboles et Bourbaki indiquait que si l'on tentait de la déployer sans utiliser aucun raccourci, l'écriture complète du « 1 » comporterait quelques dizaines de milliers de symboles. A. Mathias a montré que la situation était pire et qu'écrire le nombre « 1 », en respectant à la lettre le formalisme de Bourbaki, nécessiterait 4 523 659 424 929 symboles, soit l'équivalent de quatre millions de livres de 400 pages.

L'informatique rend-elle tout simple ?

Les premiers formalismes complets proposés pour les mathématiques ne sont pas destinés aux mathématiciens terrestres ! Pourtant, l'informatique et un siècle de travail de la part des logiciens ont maintenant transformé le rêve en réalité. Le *en principe* qui était juxtaposé à « mathématiques formalisables » peut être enlevé.

L'informatique n'a pas peur des grandes quantités de données. La formalisation des

