

4756  
26-036  
PHARMACOLOGIE

# L'INSTITUT CERAC SA

(Centre Européen de Recherches Atlas Copco) SUISSE

Recherche :

**INGÉNIEUR  
MATÉRIAUX  
OU  
PHYSICIEN**

**Spécialiste  
en  
Tribologie  
des  
Polymères et  
Composites**

● Au sein d'un groupe pluridisciplinaire de chercheurs et d'ingénieurs, il développera des projets de recherche portant sur l'introduction de nouveaux matériaux dans divers équipements industriels en collaboration avec les divisions de production de la compagnie, ainsi qu'avec d'autres organisations de recherches externes.

- Doctorat exigé.
- Expérience post-doctorale de quelques années indispensable, de préférence dans l'industrie.
- Anglais courant exigé.
- La situation de l'Institut à proximité de Lausanne, offre une grande variété de ressources culturelles et sportives.
- Faire offres avec c.v., photo récente, publications, références et n° de téléphone privé au Directeur de l'Institut CERAC SA, CH-1024 Ecublens, Suisse. Tél. 021/34.98.01.
- Offres traitées confidentiellement.

cacement les symptômes de l'inflammation, elle est par contre incapable d'en empêcher sa progression vers la chronicité. Elle n'agirait donc que sur une des composantes et il est probable que d'autres voies métaboliques et d'autres médiateurs entrent en jeu dans le processus de l'inflammation chronique. Les chercheurs tentent actuellement de comprendre la nature et le rôle exact de médiateurs découverts plus récemment comme les leucotriènes, substances pro-inflammatoires qui dérivent de la voie de la lipoxigénase ou encore le PAF-acéther découvert par un chercheur français, Jacques Benveniste.

L'aspirine continue donc de stimuler un nombre considérable de recherches. En ce sens, l'hypothèse de Vane, même si elle ne peut prétendre à l'explication globalisante, se révèle d'une grande fécondité. Elle a fait de l'aspirine un outil de recherche très précieux car elle a fait progresser notre compréhension d'un système extraordinairement complexe dans ses régulations et qui se trouve impliqué dans des manifestations pathologiques aussi variées que l'allergie, les rhumatismes, les maladies cardio-vasculaires pour n'en citer que quelques-unes.

**L'aspirine,  
d'un siècle l'autre...**

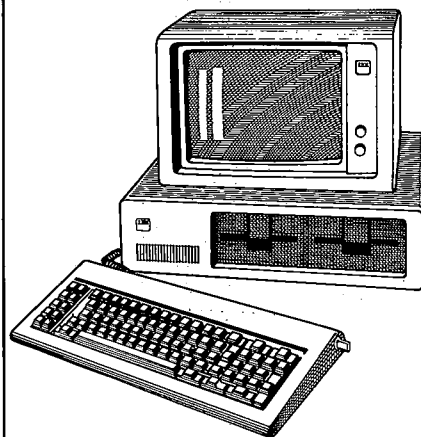
Ainsi, la cause de l'aspirine est entendue : l'aspirine est incontestablement un médicament exceptionnel. Nombre de pharmacologues compétents estiment qu'aujourd'hui l'aspirine, avec ses nombreux effets secondaires, aurait beaucoup de mal à franchir les étapes de plus en plus sélectives conduisant à l'autorisation de mise sur le marché d'un nouveau médicament. L'histoire de l'aspirine, dont l'acte de naissance est daté du 1<sup>er</sup> février 1899, donne à réfléchir. En effet, cette substance quasi séculaire, épargnée même par l'obsolescence si souvent de règle aujourd'hui, est sans doute le médicament le plus moderne et le moins coûteux à la fois dont dispose la pharmacopée à vocation universelle. Car, tout laisse croire, comme l'a écrit peu de temps avant sa mort le pharmacologue Harry Collier, que « l'avenir de l'aspirine s'annonce encore plus prometteur que son passé ». Une prédiction que font leur un nombre toujours croissant de cliniciens et de chercheurs. Procès gagné. ■

## Pour en savoir plus

- Aspirin Symposium 1983, The Royal society of medicine, Oxford university press, 1984.
- Goodman and Gilman's. *The pharmacological Basis of therapeutics*, 7<sup>th</sup> ed. Macmillan publishing co. inc., New York.
- Thierry Humbert, « Des simples à l'aspirine : l'origine des salicylés ». Thèse université de Nancy, 1982.

# Location de micro-ordinateurs

- LOCATION DE MICRO-ORDINATEURS ET DE PÉRIPHÉRIQUES ● LOCATION A LA JOURNÉE, A LA SEMAINE, AU MOIS
- MARQUES : IBM - APPLE - COMPAQ
- PROCÉDURE RAPIDE ET SIMPLE
- LIVRAISON/INSTALLATION SUR SITE
- ETC.



### EXEMPLES :

- IBM PC 256 K** - 2 drives, clavier, moniteur couleur, carte graphique. Deux journées : 498 F.H.T. A la semaine : 810 F.H.T. Au mois : 2490 F.H.T.
- IBM XT 256 K** - 1 drive, disque dur, écran monochrome IBM. Deux journées : 650 F.H.T. A la semaine : 1057 F.H.T. Au mois : 3250 F.H.T.
- MACINTOSH PLUS** - 1 Méga, clavier, lecteur 800 K intégré, souris avec imprimante Imagewriter. Deux journées : 560 F.H.T. A la semaine : 910 F.H.T. Au mois : 2800 F.H.T.
- IMPRIMANTE LASER** - Apple LASERWRITER. Deux journées : 1112 F.H.T. A la semaine : 1806 F.H.T. Au mois : 5557 F.H.T.
- APPLE 2 E** - 64 K, 1 drive, écran monochrome. Deux journées : 198 F.H.T. A la semaine : 322 F.H.T. Au mois : 990 F.H.T.

(Extrait du tarif location au 16/09/86. Prix H.T. départ SIVEA).

Pour toute information complémentaire :  
Service location 43.87.00.38



# SIVEA

31, bd des Batignolles  
75008 Paris.  
Tél. 45.22.70.66.  
Télex : 280 902.



PARIS - BORDEAUX - CANNES - GRENOBLE  
LILLE - LYON - MARSEILLE - MONTPELLIER  
NANTES - NICE - ROUEN - STRASBOURG

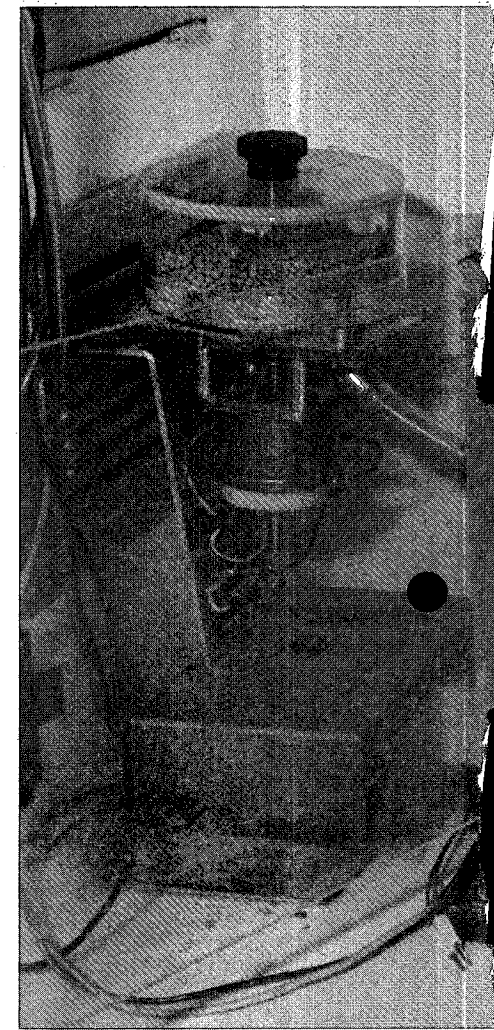
# La perception du temps chez l'animal

par Marc Richelle et Helga Lejeune

**Les animaux ont-ils le sens du temps ?  
Où si l'on en croit le comportement des animaux  
familiers comme chiens et chats.  
Mais quelle est la nature de cette perception ?  
Est-elle seulement liée à des rythmes biologiques qui  
serviraient d'horloges aux animaux ?  
Comment un animal peut-il apprendre à estimer  
une durée ? Marc Richelle et Helga Lejeune  
décrivent des techniques d'expérimentation  
très particulières mises au point pour  
répondre à ces questions : elles doivent en effet être  
adaptées aux différentes espèces utilisées  
en laboratoire, car un rat ou  
un pigeon n'estiment pas le temps de la même façon  
qu'une tortue ou qu'une caille.  
Chez certains de ces animaux apparaissent  
d'étonnantes préfigurations  
des mécanismes de régulation temporelle  
qui existent chez l'homme.**

**L**es animaux ont-ils le sens du temps ? Que votre chien réclame sa promenade tous les jours à la même heure ou qu'il semble averti du retour de chacun, signifie-t-il que les animaux sont capables d'estimer la durée ? Et si oui, comment peut-on étudier et comprendre cette aptitude que l'on pourrait croire réservée aux seuls êtres humains ? Les psychologues et les physiologistes qui se penchent sur ce problème savent qu'il existe deux temps distincts, le premier est celui des rythmes biologiques qui régulent les phénomènes cycliques dans les organismes vivants<sup>(1)</sup>. Ces rythmes, qui font l'objet de recherches actives car leur perturbation est préjudiciable à l'équilibre de l'organisme, ont été abondamment décrits par les chronobiologistes chez l'homme, chez les animaux et chez les végétaux. Le plus connu, le rythme circadien (du latin *circa* : environ et *dies* : jour), qui module l'activité et la physiologie des organismes sur environ vingt-quatre heures, a déjà été mis en évidence chez de nombreuses espèces terrestres. Mais les rythmes biologiques ne suffisent pas à rendre compte de toutes les régulations temporelles auxquelles sont soumis l'animal et l'homme.

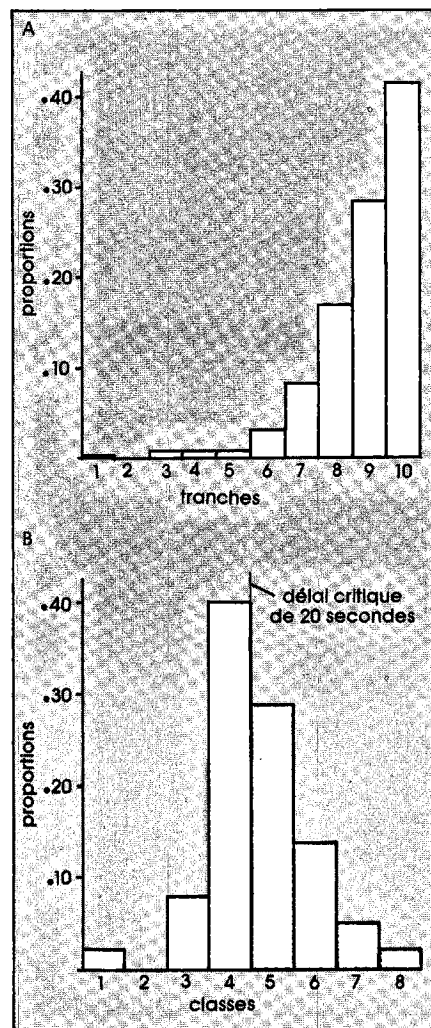
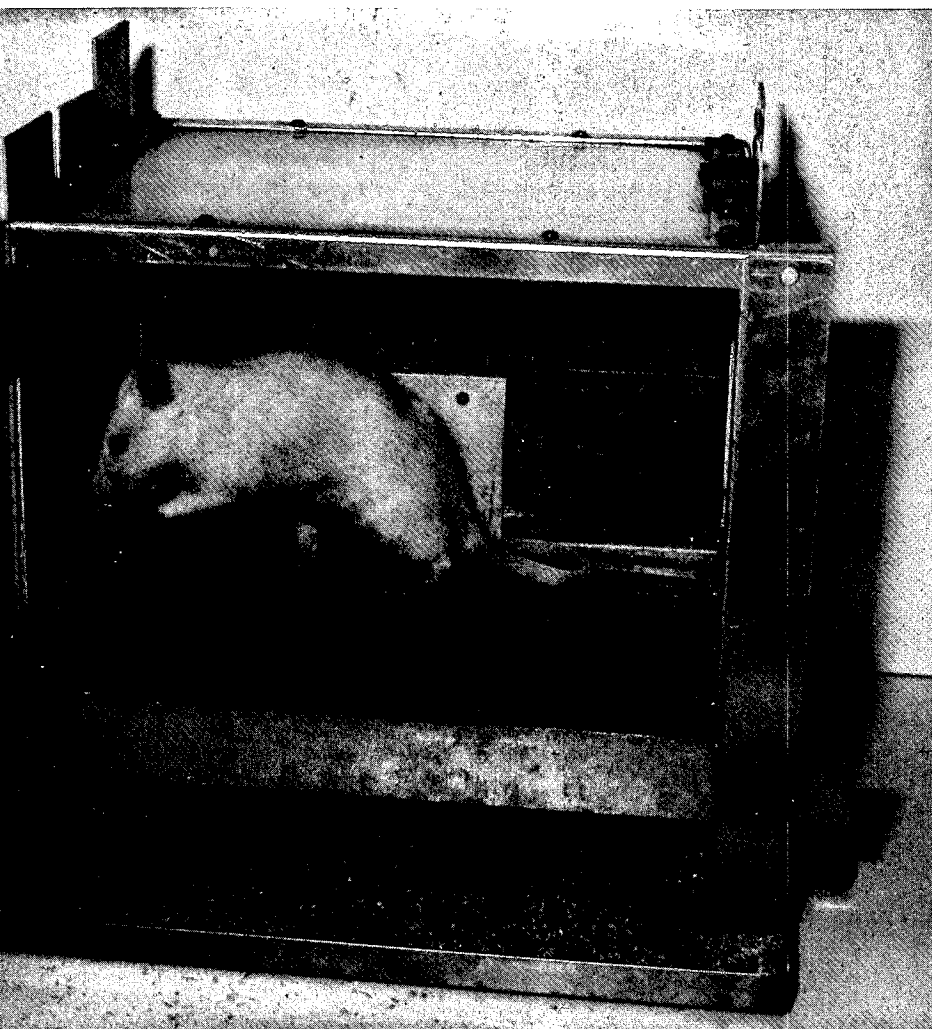
Des psychologues comme Pierre Janet, Paul Fraisse, Jean Piaget, John Cohen et Joseph Nuttin ont été parmi les premiers à s'intéresser, chez l'homme, à la perception et à l'estimation de la durée, à l'élaboration des notions de temps individuelles et collectives. Peut-être ces conduites temporelles élaborées plongent-elles leurs racines dans les rythmes biologiques fondamentaux. Cependant, il n'est pas facile d'établir des liens entre des phénomènes à première vue aussi éloignés l'un de l'autre que peuvent l'être, par exemple, la soumission aux rythmes circadiens et la maîtrise des rapports temporels dans la syntaxe de sa langue maternelle. Avant de construire des comparaisons aussi hasardeuses, il convenait tout d'abord d'explorer des niveaux plus élémentaires, plus accessibles à l'investigation rigoureuse. L'étude des comportements chez l'animal présente à cet égard des avantages évidents : elle nous permet en effet d'analyser des adaptations au temps dites « élémentaires », ce qui est difficile avec l'homme qui fait toujours interférer des conduites appartenant à différents niveaux. En effet, lorsqu'on demande à quelqu'un d'estimer ou de reproduire un intervalle de durée précise, il lui est prati-



quement impossible d'éliminer des activités chronométriques mentales : il compte les secondes ou répète une litanie sans que cela lui garantisse d'ailleurs de réaliser de meilleures performances. L'utilisation de sujets animaux élimine ce type de problème. Autre avantage : l'animal, parce qu'il est plus disponible pour des expérimentations de longue haleine, permet d'observer l'articulation qui s'établit entre les rythmes biologiques et les autres types d'ajustement au temps. En réponse à des questions de psychologie humaine se sont donc développées les études sur le sens du temps chez les animaux.

## **Conditionner l'animal au temps.**

Après avoir admis tous les avantages offerts par l'utilisation des animaux, on peut se demander comment l'expérimentateur parvient à évaluer le sens du temps du sujet qu'il observe. Les techniques actuelles, aboutissement de plusieurs décennies de recherches à la fois théoriques et méthodologiques, mettent à profit les avantages de la méthode dite du conditionnement opérant, mise au point par B.F. Skinner dans les années 1930 et



Marc Richelle, professeur de psychologie expérimentale à l'université de Liège, et Helga Lejeune, chercheur au Fond national de la recherche scientifique belge, ont signé ensemble de nombreux travaux expérimentaux et théoriques relatifs à la psychologie du temps chez l'animal.

qui a connu depuis de nombreux perfectionnements. Elle s'est imposée dans quantité de domaines de recherche expérimentale sur le comportement animal<sup>(2)</sup>.

Dans son principe, une expérience de conditionnement opérant est fort simple : lorsqu'un oiseau donne un coup de bec sur un disque lumineux ou qu'un chat appuie de la patte sur un levier, il obtient ce qu'on appelle un renforcement positif, c'est-à-dire une récompense, par exemple de la nourriture. La relation entre le geste de réponse et le renforcement peut être soumise à toutes les variations et les complications souhaitables. Ainsi au lieu d'accorder un renforcement à chaque réponse, on pourra exiger un certain nombre de réponses : 5, 10, ou 50 ou bien on ne tiendra compte que des réponses fournies en présence d'un signal lumineux survenant au hasard ; quelquefois, ne seront récompensées que des réponses produites après un certain délai.

Aujourd'hui, les expériences de conditionnement opérant sont généralement entièrement automatisées, en temps réel, à l'aide de microordinateurs. C'est là un avantage considérable pour les recherches qui nous intéressent ici, dont on comprendra aisément qu'elles ne peuvent être

gérées par un expérimentateur humain : d'une part, elles s'étalent souvent sur plusieurs mois et comportent de nombreuses séances expérimentales ; d'autre part, elles nécessitent un contrôle très précis des paramètres temporels, ce qui est tout à fait hors de portée d'un observateur disposant simplement d'un chronomètre manuel ! En fait, il a fallu attendre que se développent ces technologies expérimentales pour que progresse réellement notre connaissance des ajustements de l'animal au temps : ainsi depuis une dizaine d'années, on publie annuellement plus de travaux qu'il n'en fut publié précédemment en un siècle.

Avant d'entrer dans les détails d'une expérience, il convient de préciser ce que l'on entend par régulations temporelles acquises, terme utilisé pour désigner diverses formes de comportement dont nous donnerons ici quelques illustrations. Le terme *acquises* souligne qu'il s'agit de conduites installées par apprentissage, dont les caractéristiques temporelles ne correspondent pas aux rythmes biologiques, mais sont imposées par l'expérimentateur. A l'opposé, on reconnaît aux rythmes biologiques, au rythme circadien notamment, un caractère inné.

Figure 1. Pour déterminer si un animal possède ou non le sens du temps, on le place dans des situations d'apprentissage appropriées. Tout d'abord, le rat reçoit une pastille de nourriture chaque fois qu'il appuie de la patte sur un levier (A). Deux situations d'apprentissage permettent d'évaluer son sens du temps. Dans la première, la pastille de nourriture n'est délivrée qu'à intervalle fixe (par exemple 120 secondes) à condition que le rat appuie sur le levier à la fin de l'intervalle. Tous les appuis sont enregistrés, y compris ceux qui interviennent avant la fin de ce délai. L'histogramme B décrit la répartition des réponses d'un rat bien entraîné pendant un intervalle de 120 secondes, divisé en 10 tranches. La surface des colonnes est proportionnelle aux réponses faites dans chaque tranche. Le rat marque une pause après avoir reçu une pastille puis il recommence à appuyer sur le levier : plus la fin des 120 secondes approche et plus les appuis augmentent. L'alternance de pauses et d'activité montre que le rat est capable d'estimer la durée qui sépare l'octroi des pastilles.

On peut aussi compliquer les choses en demandant au rat d'estimer le temps qui sépare les réponses successives. Pour ce faire, il doit laisser passer 20 secondes entre deux appuis pour recevoir de la nourriture. S'il appuie avant, le compteur se remet à zéro et le rat ne reçoit rien. Dans l'histogramme C, les intervalles entre les réponses sont triés selon leur durée et répartis en classes, chaque colonne représentant tous les intervalles d'une classe. Cet histogramme indique qu'un rat bien entraîné arrive à ajuster correctement sa performance autour de 20 secondes. (Cliché M. Richelle, H. Lejeune)

**Le rat et la pendule.**

Voyons maintenant comment se déroule une expérience de conditionnement au temps. Un rat est entraîné à appuyer sur un levier pour obtenir de la nourriture. Après un appui récompensé, ce rat ne peut plus recevoir d'aliments tant qu'un délai de 120 secondes ne s'est pas écoulé (fig. 1). Les réponses fournies dans l'intervalle sont enregistrées, elles ne rapportent rien à l'animal mais ne sont pas non plus sanctionnées. La périodicité du renforcement induit une répartition caractéristique des réponses : la distribution de la pastille est suivie d'une pause beaucoup plus longue que le temps nécessaire à sa consommation. Puis le rat recommence à appuyer sur le levier, avec une fréquence d'autant plus grande qu'approche la fin des 120 secondes (fig. 1B). Le programme a donc engendré une véritable périodicité dans le comportement de l'animal. La régulation temporelle, qui en résulte, n'est pas nécessaire pour que le rat obtienne sa pastille de nourriture : nous dirons qu'elle est *spontanée*. Ainsi un chat ou un rat marqueront une pause d'une durée égale ou supérieure à la moitié de l'intervalle quand ce dernier est de l'ordre de 1 à 10 minutes.

La situation est différente, et beaucoup plus exigeante du point de vue du sujet, lorsque le rat doit respecter un espacement temporel déterminé entre les réponses (fig. 1C). Dans l'exemple précédent, le rat pouvait appuyer impunément sur le levier. Ici, c'est différent : un espace de 20 secondes minimum doit intervenir entre deux appuis. Si le rat appuie trop tôt, il remet le compteur à zéro. En d'autres termes, s'il ne respecte pas le délai de

20 secondes, il ne reçoit pas de nourriture. Il lui faut donc estimer le temps qui s'écoule à partir de chacune de ses réponses d'appui, jusqu'à la suivante.

La distribution des intervalles entre les réponses permet d'apprécier la qualité de l'ajustement du rat au délai critique. Si cet ajustement était parfait, on s'attendrait à ce que toutes les réponses se situent au-delà de la valeur critique, 20 secondes dans notre exemple. En général, les réponses se distribuent de part et d'autre de cette valeur. Si la médiane de la distribution coïncide avec cette dernière, on peut considérer l'ajustement comme excellent. Dans une variante encore plus exigeante, on spécifie non seulement le temps minimum qui doit s'écouler avant la réponse, mais aussi un temps maximum à ne pas dépasser. Par exemple pour un temps minimum de 40 secondes et un temps maximum de 50 secondes, un chat bien entraîné est capable de réaliser 20 à 30 % de ses réponses dans l'intervalle imposé.

D'autres variantes permettent encore d'affiner l'analyse des capacités d'estimation du temps des animaux. Ainsi la condition du renforcement peut être, plutôt que l'intervalle entre deux réponses, la durée même de la réponse motrice : le rat doit appuyer sur le levier pendant 5 secondes, par exemple, pour obtenir une pastille de nourriture. Ou bien, c'est un signal externe, tel un son, qui marque le début du délai critique.

Dans toutes les situations précédentes, l'estimation temporelle du sujet porte sur son comportement propre. Mais on peut également l'amener à estimer la durée de stimulations externes, comme celle d'un signal lumineux ou d'un signal sonore. On

utilise alors les méthodes psychophysiques classiques des « seuils différentiels »<sup>(3)</sup>. Celles-ci consistent à obtenir du sujet un jugement de comparaison entre deux stimulus différents, concernant par exemple l'intensité lumineuse, et à déterminer la plus petite différence physique qu'il est capable de détecter. S'agissant du temps, il suffira de présenter deux stimulus en tous points identiques, ne différant que par leur durée. Mais on se heurte à deux contraintes : d'une part, on ne peut présenter simultanément à l'animal plusieurs stimulus temporels, comme on le ferait, par exemple, avec deux signaux lumineux. D'autre part, pour porter un jugement sur la durée d'un stimulus, il faut nécessairement que celui-ci soit terminé : il faudra donc entraîner l'animal à prêter attention au stimulus, à en attendre la fin, puis à fournir la réponse qui témoignera de son estimation.

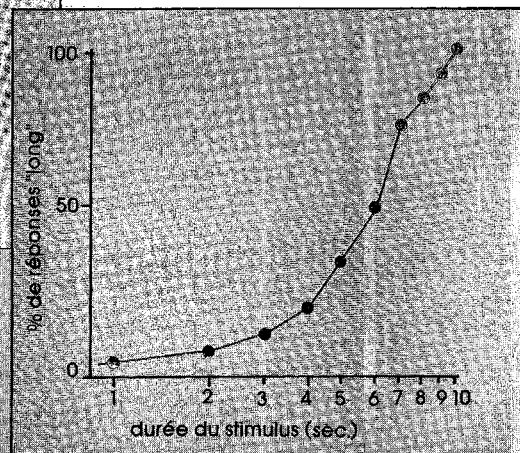
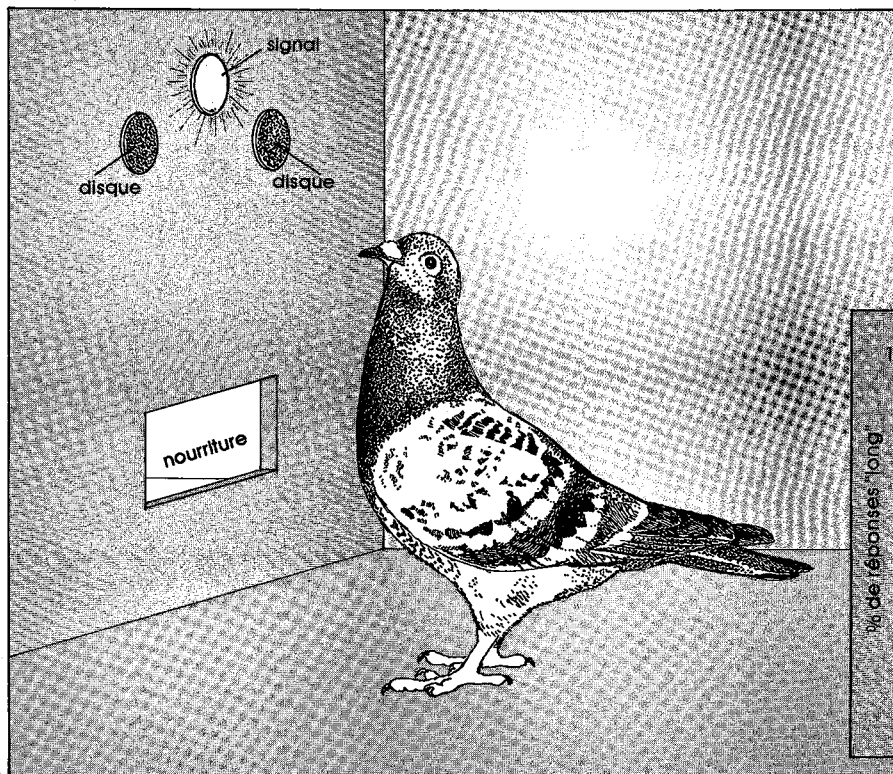
Il existe de nombreuses variantes de cette procédure dont nous ne donnerons ici qu'un exemple. Un pigeon se trouve face à deux disques-réponse (fig. 2). Une lumière rouge s'allume pendant 10 ou 1 seconde. Quand elle s'éteint, les deux disques s'éclairent en vert. Si le signal est long (10 secondes), le pigeon doit frapper du bec sur le disque de gauche pour obtenir

Figure 2. Les animaux peuvent aussi distinguer la durée d'un stimulus visuel. Dans cette expérience, un pigeon est placé devant deux disques lumineux verts. Au-dessus des disques se trouve un signal rouge qui s'allume pendant 10 secondes ou pendant 1 seconde. Dès que le signal s'éteint, les deux disques lumineux s'allument. Le pigeon doit, après avoir observé le signal rouge, taper du bec sur l'un des disques : celui de gauche correspond au signal de 10 secondes, celui de droite au signal de 1 seconde. Si sa réponse est correcte, il reçoit de la nourriture. Lorsque le pigeon est bien entraîné et qu'il ne commet plus d'erreurs, on fait varier la durée du signal. Le signal court s'allonge peu à peu jusqu'à atteindre lui aussi 10 secondes. On demande toujours au pigeon de distinguer entre les deux signaux et la courbe indiquée sur l'abscisse est indiquée la valeur du signal (de 1 à 10 secondes) et en ordonnée le pourcentage de réponses « long ». Comme on peut le constater ici, le pigeon distingue bien le signal court quand celui-ci dure de 1 à 5 secondes. Ensuite ses performances diminuent et il ne distingue pas les durées au-delà de 7 à 8 secondes.

(1) A. Reinberg, *Des rythmes biologiques à la chronobiologie*, Gauthier-Villars/Bordas, 1977 ; J.D. Palmer, *An introduction to biological rhythms*, Academic Press, 1976.

(2) M. Richelle, *Le conditionnement opérant*, Delachaux-Niestlé, 1972 ; W.K. Honig et J.E.R. Staddon, *Handbook of operant conditioning*, Prentice Hall Inc., 1977.

(3) G. Tiberghien, *Initiation à la psychophysique*, PUF, 1984.



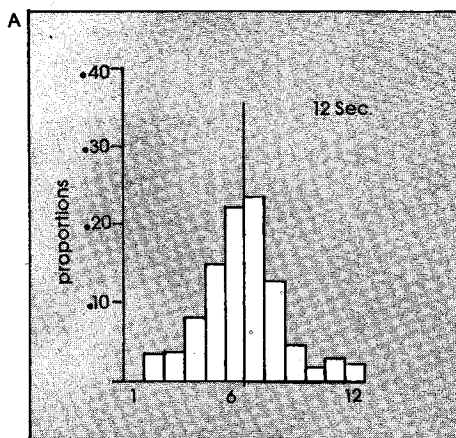
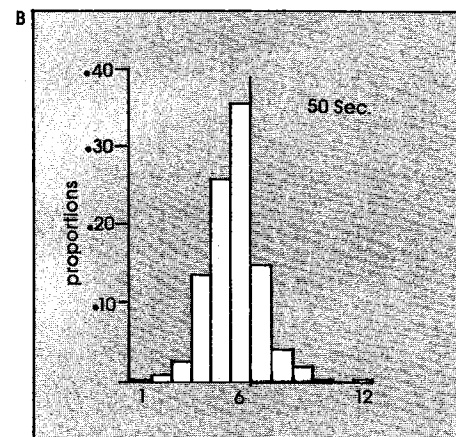
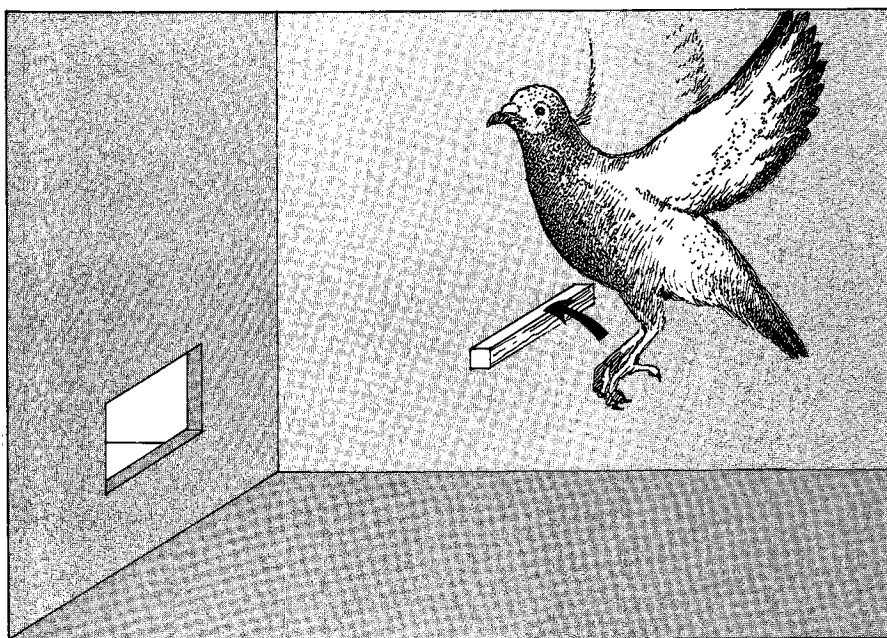
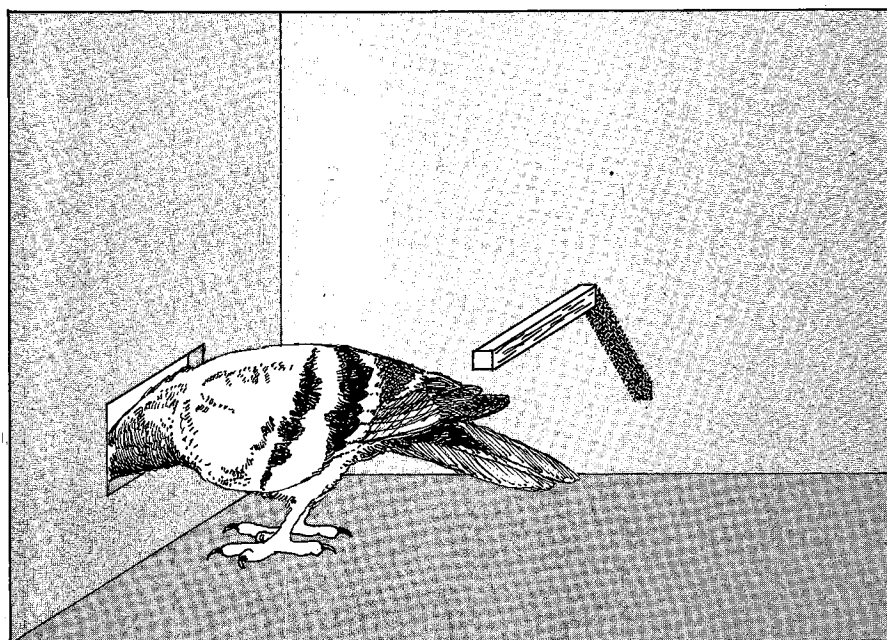


Figure 3. Il n'existe pas de procédure universelle pour étudier le sens du temps chez les animaux. Chaque procédure doit être adaptée à l'animal choisi pour l'expérience et au comportement de son espèce. C'est ainsi qu'une procédure mal choisie peut masquer une performance insoupçonnée. Lorsque le pigeon doit donner des coups de bec sur un disque, il ne parvient pas à



espacer ses coups de bec de plus de 10 à 15 secondes. En revanche, si on lui demande de se percher sur un perchoir et de donner des coups de bec et donc d'estimer la durée de son perchage, ses résultats paraissent bien meilleurs. Les deux histogrammes représentent les performances obtenues lorsque l'on demande au pigeon de se percher 12 secondes (A) puis 50 secondes (B) pour obtenir de la nourriture. Les durées (abscisse) ont été divisées en 12 classes et en ordonnée est figurée la proportion de réponses par classe. Dans les deux cas, le nombre de perchages proches du délai augmente, ce qui signifie qu'un pigeon peut estimer des durées de 50 secondes dès lors qu'on lui propose une performance adaptée à ses capacités.



nir un renforcement. Si le signal est court, c'est sur le disque de droite que le pigeon doit appuyer. En cas d'erreur, les deux disques s'éteignent, l'essai est « perdu » et le pigeon attendra le stimulus suivant. Mais si les réponses gauche/droite correspondent bien respectivement aux stimulus long/court, c'est que l'animal distingue entre 10 secondes et 1 seconde.

Cette discrimination bien établie chez le pigeon, on peut en éprouver les limites en approchant les durées, par exemple en augmentant progressivement la durée du stimulus court, jusqu'à ce que le sujet confonde les deux stimulus. Nos résultats montrent que l'animal distingue encore assez bien un signal de 7 à 8 secondes du signal de 10 secondes, une performance assez proche de celle de l'homme.

**Quand les oiseaux jouent à « pigeon vole ».**

Pourquoi tant de procédures diverses ? Ne peut-on en choisir une qui permettrait d'étudier l'« horloge comportementale » ? En réalité, ces procédures différentes font apparaître des discordances parfois paradoxales entre les performances. C'est le cas, par exemple, des deux premières situations décrites. Dans la première, les régulations temporelles se traduisent par de longues pauses du rat après qu'il ait reçu la pastille de nourriture. Ces pauses, qui ne sont pas nécessaires pour l'obtention de la nourriture, peuvent atteindre plusieurs minutes, voire plusieurs heures. Dans le second programme, où l'attente entre deux réponses est au

contraire la condition du renforcement, l'animal maîtrise difficilement des délais de l'ordre de quelques secondes. Cette discordance est particulièrement frappante chez le pigeon, dont on a souvent noté l'incapacité à espacer ses réponses de plus de 10 à 15 secondes, bien qu'il retarde spontanément sa réponse pendant des périodes bien plus longues après avoir obtenu son renforcement. La réponse généralement utilisée dans ce genre d'expérience est le coup de bec. Une autre réponse ne révélerait-elle pas de meilleures performances ? Nous avons demandé à nos pigeons de s'installer sur un perchoir au lieu de frapper du bec sur un disque lumineux. Dans une première expérience, ils devaient rester sur ce perchoir durant un certain temps pour obtenir de la nourri-

ture (fig. 3). Il leur fallait donc estimer la durée de leur perchage. Ces pigeons n'ont eu aucune difficulté à maîtriser des « durées de perchage » allant jusqu'à 50 secondes (l'exploration n'a pas été poussée plus loin). Leurs performances ne sont pas moins bonnes si, au lieu de rester perchés, ils doivent se percher brièvement au terme du délai. Comment expliquer un tel écart ? Les spécialistes de l'apprentissage chez l'animal admettent aujourd'hui que toutes les réponses ne sont pas équivalentes et interchangeables par rapport à une situation d'apprentissage donnée<sup>(4)</sup> ; les stimulus non plus, d'ailleurs. Les expériences de J. Garcia aujourd'hui classiques illustrent bien ces contraintes spécifiques<sup>(5)</sup> : il a montré qu'un rat se détourne d'une stimulation gustative ou olfactive à partir du moment où il l'associe à une substance qui l'a rendu malade. Cette « aversion conditionnée » ne s'installe par contre que très difficilement, voire pas du tout si l'on utilise un stimulus visuel ou auditif. Reste à comprendre ce qui, dans le coup de bec, fait précisément obstacle à la régulation temporelle. On peut penser que ce comportement, élémentaire mais d'une grande importance dans la recherche et la consommation de nourriture, ne peut être soumis au même contrôle inhibiteur qu'une action motrice naturelle mais moins impliquée dans les comportements alimentaires. Les processus d'inhibition, essentiels dans les régulations temporelles en général, interviendraient à des degrés divers selon les situations.

#### **Où se trouve l'horloge interne de l'animal ?**

Sur quoi se fonde l'animal pour estimer le temps ? Il faut bien supposer l'existence de quelque mécanisme interne tenant lieu d'horloge, un *pacemaker*. Mais où se trouve-t-il et en quoi consiste-t-il ? On l'ignore encore. On peut sans trop de risques le situer dans le système nerveux central, soit dans une structure particulière qui reste à identifier, soit dans une propriété non localisée des réseaux neuronaux.

On peut également songer au rôle possible des rythmicités physiologiques, comme les battements cardiaques ; ils fourniraient la « base de temps » à laquelle l'animal se référerait dans son estimation de la durée. Cette hypothèse n'exclut nullement, d'ailleurs, une intégration de ces informations par le système nerveux central. On peut encore envisager qu'un organisme qui estime l'écoulement du temps est un organisme en attente chez qui une tension s'accumule, notamment au niveau musculaire ; l'estimation d'une durée se ramènerait alors au repérage d'un certain degré de tension. L'horloge serait essentiellement liée à la sensibilité musculaire : elle serait proprioceptive.

Enfin, lorsque l'on observe un animal dans une situation de régulation temporelle, on constate souvent qu'il ne demeure pas inactif entre ses réponses. Le

rat, par exemple, se promène dans la cage, fait sa toilette, se dresse face aux parois, oscille de la tête ou mordille les barreaux du plancher. Ces conduites, soigneusement recensées, se révèlent parfois très systématiques. Elles font songer aux conduites intérieures de comptage qui aident l'homme à fournir une estimation temporelle. Le rat ne procéderait pas, à proprement parler, à une estimation de la durée ; il se bornerait à accomplir une séquence d'actes au terme de laquelle sa réponse serait récompensée, la séquence en question « remplissant » parfaitement le délai. Le fait que ces actes « médiateurs » jouent un rôle dans certaines régulations temporelles est établi, mais ils n'en constituent pas vraiment la base. Ils rempliraient plutôt la fonction secondaire d'apporter une compensation à l'inhibition ou à la tension.

#### **Le sens du temps est-il également partagé par toutes les espèces ?**

Quels que soient les mécanismes en jeu, il est important de rechercher comment ces capacités de régulation se sont installées au cours de l'évolution. Toutes les espèces animales en sont-elles également dotées ? S'il existe des différences entre espèces, à quoi correspondent-elles ? S'il s'agit d'une adaptation éco-éthologique, sont-elles corrélées avec des capacités d'apprentissage accrues ou avec une complexité plus grande du système nerveux central ? Dans la première de ces deux hypothèses, les régulations temporelles seraient d'autant plus précises que l'espèce y trouverait un avantage, par exemple dans la recherche de sa subsistance. C'est dans cette perspective que John Krebs (université d'Oxford), chef de file de la jeune école d'éthologie anglaise, intègre l'horizon temporel dans l'analyse des comportements de quête de nourriture<sup>(6)</sup>. Les animaux tirent de leur expérience passée une évaluation de la durée qui sépare la capture de deux proies, ils quittent un territoire sur lequel ils auraient chassé sans succès pendant un intervalle de temps supérieur à cette estimation. On sait aussi que les rapaces prédateurs ajustent leurs chasses aux moments où les petits rongeurs dont ils se nourrissent sortent de leurs terriers pour s'alimenter.

Toutes ces questions appellent, on s'en doute, des études comparatives portant sur quantité d'espèces différentes. Or la plupart des recherches ont été menées sur les animaux classiques de laboratoire : rat, pigeon et, plus rarement, chat et singe. Récemment, d'autres espèces ont fait l'objet de quelques études, généralement moins approfondies : il s'agit de souris, de mulots, de cobayes, etc. et de quelques représentants d'autres embranchements.

La difficulté que présentent les études comparatives de comportement en laboratoire explique sans doute l'hésitation des

chercheurs à les entreprendre. Elles sont pleines de pièges et souvent décourageantes. Tout d'abord, l'expérimentateur se heurte au même genre de problèmes que les psychologues qui ont été confrontés à des populations humaines très différentes de celles avec lesquelles ils avaient l'habitude de travailler. Ils se sont efforcés de créer des tests indépendants de toute culture particulière, également applicables à des aborigènes d'Australie, à des habitants de l'Inde, de l'Afrique centrale ou de France pour enfin s'apercevoir qu'il est impossible de construire cet instrument idéal : tout être humain est membre d'une culture qui l'influence et modèle tous ses comportements. On peut déjà s'estimer heureux si l'on parvient à construire des tests qui tiennent compte des particularités culturelles et y soient adaptés, mais il faudrait, à la limite, autant de variantes que de cultures différentes. De même, il serait vain de vouloir tester les capacités de régulation temporelle de toutes les espèces à l'aide d'une seule et même procédure. Ne serait-ce que dans le choix de la réponse, on doit placer l'animal dans les meilleures conditions possibles, ce qui suppose une bonne connaissance des comportements naturels de l'espèce. Qu'une espèce présente de moins bonnes performances qu'une autre, on pourra toujours objecter que les situations expérimentales n'étaient pas équivalentes.

Cependant, l'observation de quelques espèces inhabituelles, comme celles étudiées depuis une quinzaine d'années au laboratoire de psychologie expérimentale de l'université de Liège (cobayes, mulots, souris, hamsters, hapalemurs, etc.), fournit des éléments d'information intéressants quand on compare ces performances avec celles, bien connues, du chat, du rat ou du pigeon (fig. 4). Le poisson tropical *Sarotherodon niloticus* apprend rapidement à actionner avec son museau un levier immergé ; son attitude témoigne d'une régulation temporelle, mais qui est singulièrement moins fine que chez les animaux de laboratoire classiques. L'apprentissage d'une réponse motrice conditionnée ne pose pas non plus de problème particulier pour une tortue d'eau douce *Pseudemys scripta elegans* ; pourtant, malgré plus d'une centaine de séances quotidiennes, elle ne fait preuve d'aucune régulation temporelle. Les deux espèces avaient cependant été placées toutes deux dans des conditions optimales, aux yeux de l'expérimentateur ; les dispositifs de réponse et de renforcement avaient été spécialement conçus pour correspondre à leurs particularités comportementales, bien que rien n'assure pourtant d'une véritable équivalence.

Avant de se livrer à toute interprétation concernant les différences observées quant aux régulations temporelles chez des espèces très éloignées entre elles phylogénétiquement, il faut également comparer des espèces proches : en effet, si elles aussi présentaient des différences considérables, l'interprétation ne serait

(4) M.E.P. Seligman et J.L. Hager (eds),

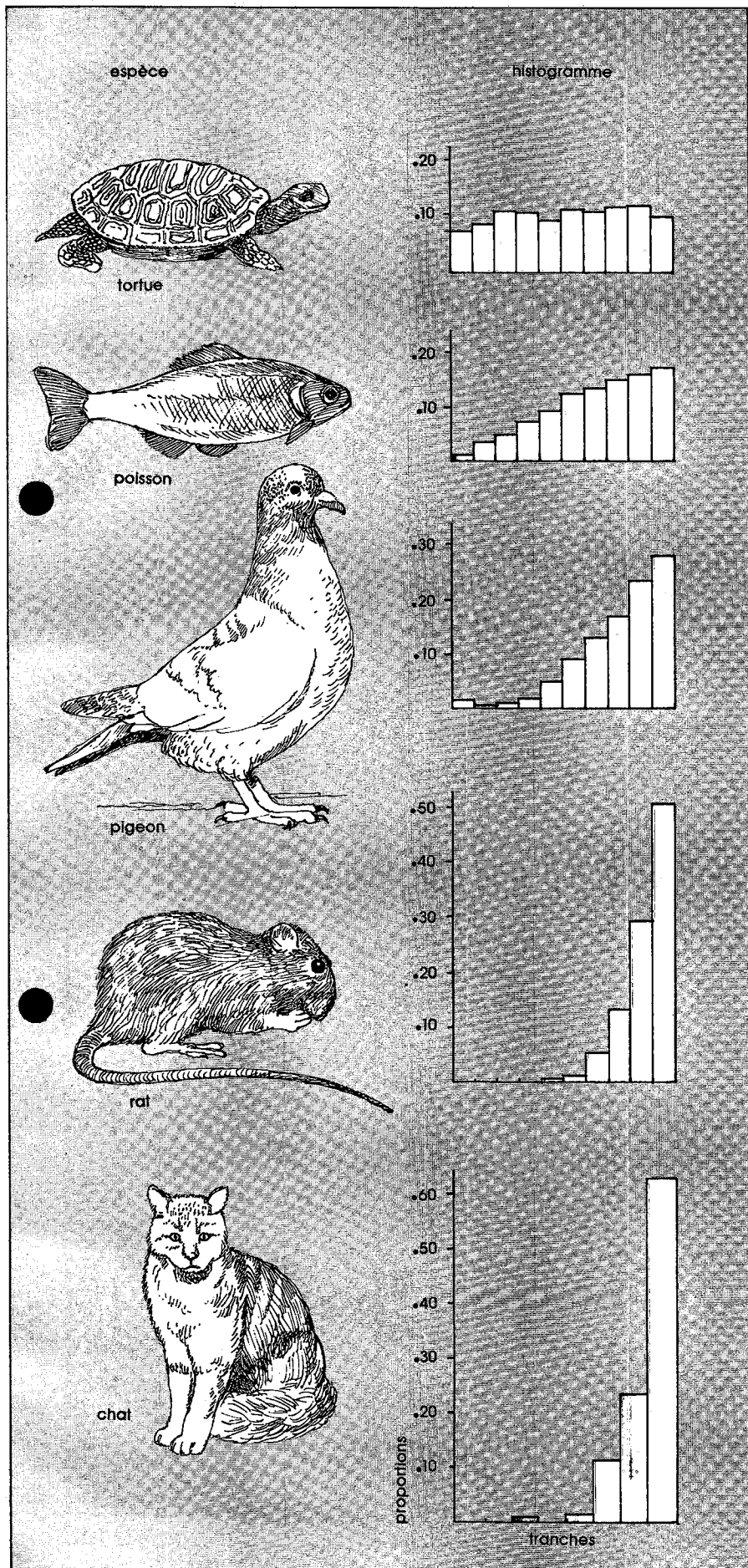
*Biological boundaries of learning*, Appleton Century Crofts, 1972 ;

R.A. Hinde et J. Hinde (eds),

*Constraints on learning : limitation and predisposition*, Academic Press, 1973.

(5) J. Garcia et R.A. Koelling, *Psychonomic Science*, 4, 123, 1966.

(6) J. Krebs et N. Davis, *Behavioral ecology*, Blackwell, 1973.



pas du tout la même. Nous avons ainsi comparé une espèce de tourterelle avec un proche parent, le pigeon voyageur, et nous avons constaté que les régulations temporelles de la tourterelle étaient nettement moins bonnes que celles du pigeon<sup>(7)</sup>. De même, la souris de laboratoire fournit de bonnes performances dans le programme à intervalle fixe, mais s'il lui faut faire intervenir une régulation temporelle, elle ne s'ajuste pas à des délais d'une dizaine ou d'une quinzaine de secondes. Par contre, le mulot sauvage maîtrise sans peine des délais allant jusqu'à 30 ou 40 secondes.

Les différences observées entre les souches au sein d'une même espèce accréditent l'hypothèse selon laquelle ces capacités d'estimation du temps auraient une base génétique. C'est le cas des rythmes circadiens qui ont un fondement inné, même s'ils ne s'organisent qu'après une période de développement plus ou moins longue : 3 à 4 semaines pour la rythmicité de la sécrétion d'adrénaline chez le rat, par exemple ; 3 à 4 mois pour le rythme veille-sommeil chez le bébé humain. Le poussin domestique, lui, dès l'éclosion, rythme sur 24 heures le picorage de sa nourriture. Les capacités de régulation temporelle n'ont fait jusqu'à présent l'objet d'aucune recherche en génétique du comportement. C'est là un champ d'investigation prometteur, que le double développement des méthodes d'analyse fine des régulations temporelles et des méthodes de génétique des comportements a rendu enfin accessible.

**Temps des jeunes, temps des vieux.**

Nous savons aussi peu de choses sur le développement des régulations temporelles acquises chez le jeune animal, pour la simple raison que les spécialistes du conditionnement se sont, assez curieusement, fort peu intéressés au développement de l'individu. Il est vrai que ce type d'investigation chez de jeunes animaux soulève des difficultés méthodologiques considérables. Les dispositifs de réponses et les renforcements doivent être adaptés aux caractéristiques d'un organisme immature, qui diffère des adultes par la taille, le poids, la force musculaire, la coordination

Figure 4. Toutes les espèces animales ne sont pas capables des mêmes performances dans leurs régulations temporelles. Il est donc intéressant de comparer les performances, obtenues pour un même programme d'apprentissage, d'espèces différentes comme la tortue, le poisson, le pigeon voyageur, le rat et le chat. Chacun de ces animaux a dû apprendre à produire une réponse motrice appropriée à son espèce pour obtenir de la nourriture. Les histogrammes établis à partir de leurs performances indiquent que certaines espèces, comme la tortue, ne parviennent pas à estimer un intervalle de temps même après une centaine d'heures d'apprentissage alors que le poisson témoigne d'une meilleure régulation temporelle, moins fine pourtant que celle des animaux couramment utilisés en laboratoire. L'interprétation de ces performances est cependant difficile à cause des conditions très différentes d'expérimentation selon les espèces.

(7) H. Lejeune et M. Richelle, *Behaviour Analysis Letters*, 2, 87, 1982.

motrice ; de plus, ces caractéristiques se modifient avec la croissance et exigent donc un ajustement continu. Nous nous heurtons au même type de problème que celui rencontré face aux différences entre espèces : réaliser des situations équivalentes compte tenu des différences. Pourtant, la difficulté majeure se situe ailleurs ; il faut un certain temps pour installer un comportement acquis chez un animal. Or un jeune animal vieillit chaque jour et, dans certaines espèces, il est devenu adulte avant que l'on ait eu le temps d'étudier ces conduites acquises. En effet, chez des animaux adultes, l'expérience la plus banale sur les régulations temporelles s'étale sur cinquante à cent séances expérimentales quotidiennes. Pour beaucoup d'espèces utilisées en laboratoire, la croissance est terminée, ou presque, au terme des deux ou trois mois que devrait durer l'expérience. La solution est de multiplier les séances expérimentales au cours d'une même journée, et de reprendre l'investigation sur des adultes en utilisant la même procédure à titre de contrôle.

Les rats et les pigeons, pour lesquels les données expérimentales chez l'adulte abondent, ne constituent malheureusement pas un matériel idéal pour l'étude des performances précoces. Ils naissent en effet dans un état d'immaturité marquée et demeurent un certain temps dépendants de soins parentaux. Les conditionner implique la mise en œuvre de techniques très complexes qui diffèrent trop de celles que l'on utilise généralement dans l'analyse des régulations temporelles chez l'adulte, pour que l'on puisse comparer les résultats obtenus dans les deux types d'études.

Notre choix s'est donc porté vers une espèce d'oiseaux nidifuges, capables dès l'éclosion de se déplacer et de se nourrir : la caille. Un cailleteau est adulte à 40 jours. Nous avons soumis nos jeunes sujets chaque jour à cinq séances expérimentales, destinées à tester le développement des régulations temporelles spontanées. Les régulations temporelles sont apparues clairement chez le jeune animal (fig. 5) bien qu'à un degré moindre que chez l'adulte. Cette différence n'est pas liée à un excès d'activité chez le cailleteau qui présente, à cet égard, un comportement similaire à celui de ses parents.

Des recherches en cours au laboratoire de psychologie expérimentale de l'université de Liège, au laboratoire de psychobiologie de l'enfant du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) à Paris et au département de psychobiologie générale du CNRS à Marseille portent sur le développement des régulations temporelles chez l'animal, le bébé humain et le jeune enfant. Ces travaux visent également à analyser les corrélats physiologiques des régulations temporelles.

Si l'on sait encore peu de choses sur le développement des régulations temporelles acquises, la phase de vieillissement est tout aussi mal connue. La comparaison de rats jeunes, conditionnés dès le sevrage (à

20 jours), et de rats adultes de 2 ans indique des contrastes intéressants : les jeunes déploient une activité conditionnée élevée mais plus variable d'une séance à l'autre et d'un individu à l'autre que chez les vieillards. La régulation temporelle s'installe rapidement chez les jeunes et demeure supérieure à celle des vieillards qui, cependant, sont encore capables de s'ajuster fort bien, même s'ils y mettent plus de temps.

Existe-t-il des liens entre les rythmes biologiques et les régulations temporelles acquises ? Pour mieux cerner la question, nous nous en tiendrons au rythme circadien, à la fois par souci de simplicité et parce qu'il est pratiquement le seul à avoir servi de référence dans la mise en relation des deux systèmes.

Deux questions se posent ici, à des niveaux très différents. La première porte sur les modulations des régulations temporelles en fonction des rythmes circadiens : autrement dit, l'estimation du temps chez l'animal varie-t-elle selon le moment du cycle ?

Pour répondre à cette question, la stratégie expérimentale est simple : il suffit de placer des animaux en situation contrôlée permanente et de les soumettre à des tests de régulation temporelle pendant plusieurs semaines à divers moments du cycle de vingt-quatre heures (en l'absence de tout repère temporel ou en présence de synchroniseurs externes, comme une alternance régulière entre lumière et obscurité, par exemple). En dépit de leur simplicité, des recherches de ce genre sont encore rares chez l'animal. On en trouve quelques exemples chez l'homme qui montrent que l'estimation de durées courtes varie avec l'heure du jour. On a d'ailleurs très peu étudié en général les fluctuations de performances à travers le rythme circadien chez les animaux. Toutefois, les quelques travaux dont on dispose, dus aux équipes de T. Elmsore et S. Hursh<sup>(8)</sup> ou de M. Terman<sup>(9)</sup>, mettent en évidence un certain degré d'indépendance des conduites des animaux, par rapport aux contraintes chronobiologiques. Ainsi une gratification, si elle est motivante, peut entraîner un animal nocturne à effectuer certaines actions le jour, comme le montre l'expérience d'implantation d'électrodes de plaisir chez le rat.

Si un rat peut, par un appui sur un levier, s'octroyer une stimulation électrique fournie par une électrode implantée dans certaines zones du cerveau, on constate qu'il répétera sans relâche cette stimulation. Ce phénomène, découvert par L. Olds et P.M. Milner de l'université du Michigan en 1954, a conduit à faire l'hypothèse de l'existence de « zones de plaisir » au niveau de certaines structures cérébrales. La valeur renforçante de la stimulation intra-cérébrale dépend de son intensité et de sa fréquence, l'expérimentateur peut donc la moduler.

Dans une recherche due à J. Zimmerman<sup>(10)</sup>, un élève de M. Terman, une électrode est implantée dans l'une des « zones

de plaisir ». Les rats de Zimmerman, qui subissent l'alternance de douze heures de lumière et de douze heures d'obscurité, accèdent librement à un biberon contenant de l'eau. L'expérimentateur enregistre chaque léchage du biberon. Lorsque l'intensité de la stimulation intracérébrale a une valeur renforçante moyenne, l'activité d'auto-stimulation se déroule parallèlement à l'activité de prise de boisson pendant les périodes d'obscurité conformément aux habitudes du rat. Mais si pendant la phase de « jour » l'intensité est modifiée et correspond à une valeur renforçante nettement plus élevée, le rat s'activera pour « prendre son plaisir » de jour, allant pour ainsi dire contre sa nature d'animal nocturne. Cependant, il continuera de boire pendant la « nuit ». La rentabilité du renforcement constitue ici un facteur décisif, propre à arracher l'animal à l'habituelle périodicité de ses activités.

Quelques données concernant particulièrement les régulations temporelles en fonction du rythme circadien. Les rats de Zimmerman, par exemple, devaient espacer leurs réponses de 15 secondes au moins pour obtenir la stimulation intracérébrale. Ils s'ajustent mieux à ce délai critique en phase d'obscurité qui est la phase normale d'activité, que de jour. Les rats d'Elmsore et Hursh présentent des fluctuations dans la discrimination d'une durée à travers le cycle de vingt-quatre heures. Cependant, de telles fluctuations ne se rencontrent pas toujours ou, plus exactement, il arrive qu'elles portent sur des aspects du comportement qui ne sont pas directement corrélés à la régulation temporelle. Ainsi des rats, vivant dans un régime d'alternance douze heures de lumière, douze heures d'obscurité, sont soumis toutes les deux heures à une demi-heure de conditionnement en intervalle fixe. Dans ce cas, c'est la quantité de réponses fournies qui fluctue selon une périodicité de vingt-quatre heures marquée par les synchroniseurs lumineux. Alors que la qualité de la régulation temporelle spontanée caractéristique de cette situation demeure stable.

#### **Quelle relation entre rythme circadien et régulation temporelle ?**

Les modulations du comportement à travers le cycle de vingt-quatre heures ne nous éclairent pas sur la seconde question : y a-t-il une relation entre rythme circadien et régulations temporelles ? Selon une vue fréquemment admise aujourd'hui, il s'agirait de deux phénomènes totalement différents non seulement par l'ordre de grandeur des durées impliquées (plus ou moins vingt-quatre heures d'une part, secondes et minutes de l'autre) mais par la nature des mécanismes sous-jacents. Le rythme circadien paraît contrôlé par un mécanisme de type oscillateur, comme le balancier de l'horloge, capable d'auto-entretenir ses impulsions périodiques. Ce mécanisme se manifeste

*suite page 1341*

(8) T. Elmsore et S. Hursh, « Rhythms in operant behaviour », in F.M. Brown et R.C. Graeber (eds), *Rhythmic aspects of behaviour*, Lawrence Erlbaum, 1982.  
(9) M. Terman, in M.D. Zeiler et P. Harzem (eds), *Advances in Analysis of Behaviour*, Wiley, 1983.  
(10) Cf. note 9.



suite de la page 1338

par le fait que les comportements qu'il contrôle se maintiennent en dehors de tout repère temporel externe à l'organisme. Les régulations acquises, qui portent sur des périodicités plus brèves, dépendraient des mécanismes de type « chronomètre » avec possibilité de remise à zéro. Si les manifestations du rythme circadien se trouvent momentanément arrêtées, l'oscillateur n'en poursuit pas moins sa course, de telle sorte que, le blocage levé, on se retrouve au même point que si rien d'anormal ne s'était passé. Dans les régulations temporelles acquises et les estimations de durée courte, le système de mesure du temps peut être momentanément bloqué et reprendre ensuite (comme on suspend la mesure du temps dans une épreuve équestre pendant la remise en place d'un obstacle) ou bien il peut être remis à zéro et repartir<sup>(11,12)</sup>.

**Comment le rat anticipe son repas.**

Cette conception est séduisante et s'appuie sur des arguments théoriques et expérimentaux sérieux. Cependant, il ne faudrait pas conclure trop vite à une dissociation complète de ces deux systèmes : en effet, il existe un phénomène étonnant qui peut conduire à nuancer cette conclusion et à tenter de les articuler. Il s'agit de l'anticipation du repas. On a observé, principalement chez le rat, un accroissement d'activité avant le repas lorsqu'il est présenté à intervalles réguliers pendant une période limitée (2 heures, par exemple) du cycle de vingt-quatre heures. Si l'animal est privé de tout repère temporel, cette activité anticipatrice se dissocie de son activité générale. On observe alors que le rythme circadien de l'activité générale s'allonge, il s'étend sur plus de vingt-quatre heures, tandis que l'activité anticipatrice continue de respecter l'intervalle régulier des vingt-quatre heures qui séparent les repas. Cette activité anticipatrice ressemble curieusement à l'activité observée en fin d'intervalle dans les programmes engendrant des régulations temporelles spontanées, et dans les situations de

conditionnement périodique déjà étudiées par Pavlov. Qu'advient-il si l'on modifie la période entre deux repas ? Si on l'étend jusqu'à 27 heures, ou si on la réduit jusqu'à 22 heures 30, l'anticipation persiste. Mais que l'on dépasse ces limites, vers le haut ou vers le bas, et l'anticipation s'effrite. Bien que réglée par le « chronomètre », elle n'apparaît donc que pour des périodes proches de vingt-quatre heures de type circadiennes et donc contrôlées par l'oscillateur, sans qu'elle

soit pour autant strictement liée au rythme circadien de l'activité générale.

Cette relative indépendance se trouve confirmée sur le plan neurophysiologique. Ainsi la lésion de structures particulières de l'hypothalamus, les noyaux suprachiasmiques, perturbe gravement le rythme circadien de l'activité générale. Ces structures nerveuses semblent jouer le rôle crucial de l'oscillateur circadien chez les mammifères, comme l'ont montré les expériences de H. Kawamura et S.T.

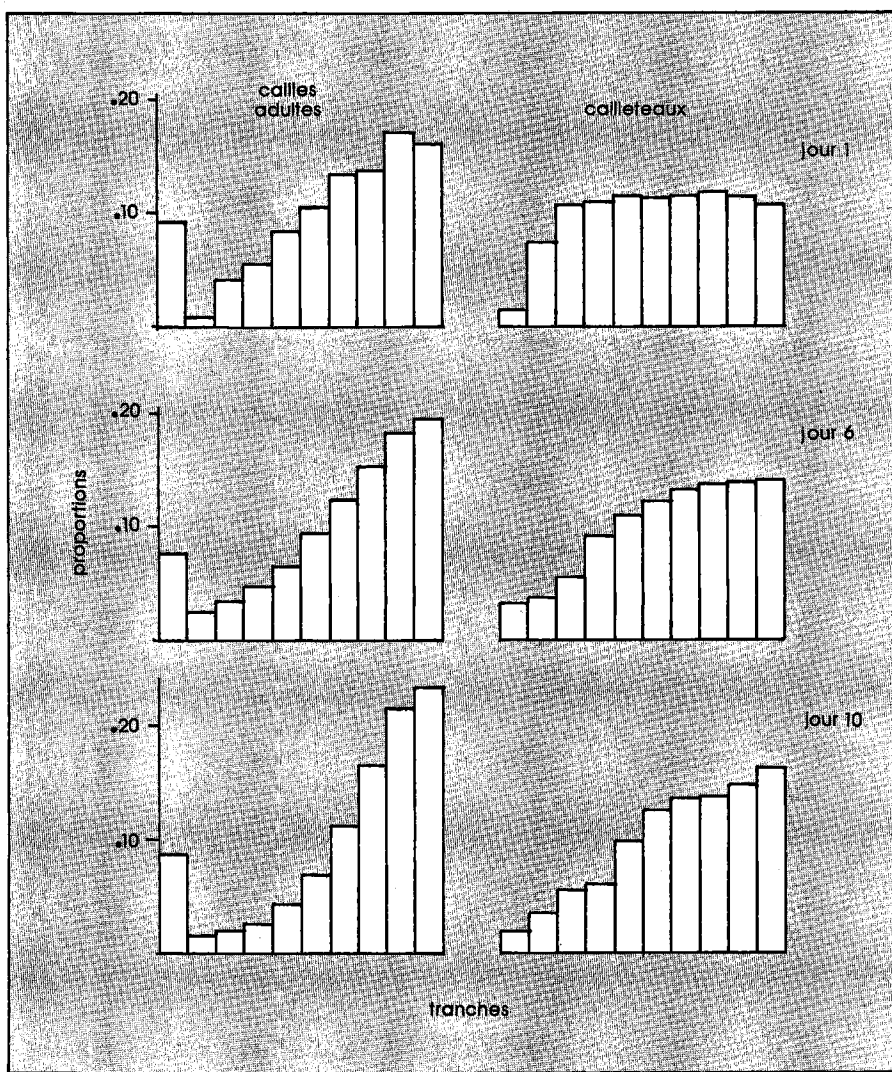
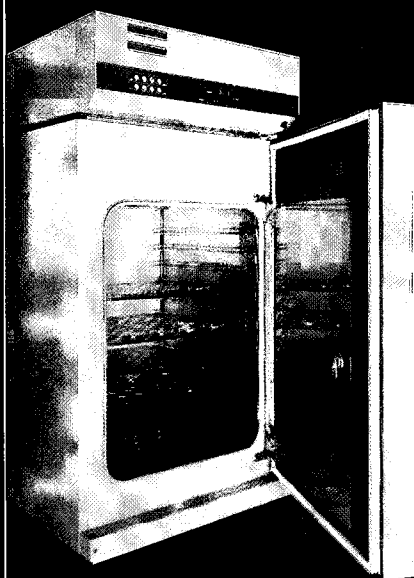


Figure 5. Les animaux jeunes et les animaux adultes ont-ils le même sens du temps ? Là encore, il est parfois difficile de choisir l'espèce animale qui permettra une étude de longue durée. C'est la caille qui a été choisie parce qu'elle est capable de se déplacer et de se nourrir dès l'éclosion. Aussi dès le cinquième jour après l'éclosion, les cailleaux peuvent être conditionnés à appuyer de la patte sur un levier pour obtenir de la nourriture au bout de 60 secondes. Leurs performances, médiocres au premier jour (l'histogramme montre des performances équivalentes pour toutes les tranches du programme de 60 secondes), vont en s'améliorant. Une régulation temporelle s'ébauche et se développe au fil des séances comme on peut le constater sur les histogrammes des sixième et dixième jours : au fur et à mesure que la fin des 60 secondes approche, les cailleaux appuient de plus en plus fréquemment sur le levier. La même expérience menée avec des cailles adultes, cette fois, montre que la performance des petites cailles reste inférieure à celle des adultes. (Cliché J.-L. Chedal, Püch)

(11) R.M. Church, « Properties of the internal clock », in J. Gibbon et L. Allan (eds), *Timing and time perception*, Annals of the New York Academy of Sciences, 1984.  
 (12) J. Gibbon, *Psychological Review*, 84, 279, 1977.

Toutes les espèces animales ne manifestent pas la même perception du temps.

## Jouan 86 : des nouveaux produits...



**Nouveau**

### Les incubateurs à CO<sub>2</sub> piloté par microprocesseur

Mesure et contrôle du CO<sub>2</sub> par détecteur

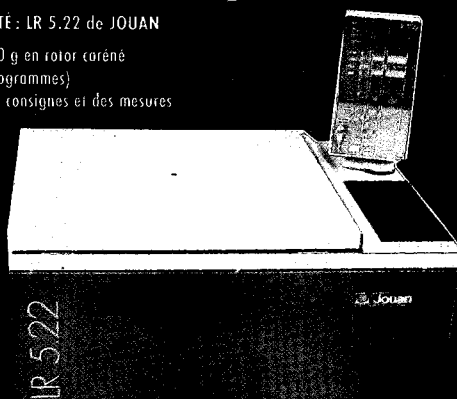
à **INFRA-ROUGE**

### Les centrifugeurs à microprocesseur

LE CENTRIFUGEUR GRANDE CAPACITÉ : LR 5.22 de JOUAN

- 5000 g en rotor semi-coréné, - 7000 g en rotor caréné
- une programmation complète (99 programmes)
- un affichage simultané de toutes les consignes et des mesures
- une ergonomie d'avant-garde

**Nouveau**



LR 5.22

Pour recevoir une documentation  
ou la visite d'un technicien  
appelez au : (0) 40.94.90.10.

... et un nouveau dialogue,  
avec de nouveaux partenaires plus près de chez vous.

# Jouan

SIÈGE • C. P. 3203 • 44805 SAINT-HERBLAIN CEDEX • Tél. : 40.94.90.10.  
PARIS • 60, rue de Wattignies 75580 PARIS CEDEX 12 • Tél. : (1) 43.42.40.50.  
LYON • 24, rue Joannès-Masset 69009 • Tél. : 78.83.04.90.  
RENNES • BORDEAUX • TOULOUSE • MARSEILLE • CLERMONT-FERRAND  
STRASBOURG • LILLE

Inouye de l'Institut Mitsubishi Kasei des sciences de la vie (Japon)<sup>(13)</sup>. Or la lésion de ces noyaux n'entament pourtant en rien l'activité anticipatrice, pas plus qu'elle n'altère la qualité des régulations temporelles de l'ordre de 2 minutes dans des conditionnements à intervalles fixes. On serait donc en droit de voir dans ces activités anticipatrices, du moins à titre d'hypothèse, un chaînon entre rythmicité circadienne d'une part, et régulations à des durées arbitraires d'autre part, chaînon qui partage certaines propriétés du système circadien (et obéit peut-être comme lui à un mécanisme oscillateur) tout en affirmant déjà, par rapport à ce système circadien, une indépendance qui ouvrirait la voie à des ajustements temporels « arbitraires » beaucoup plus flexibles. Il reste à fournir la démonstration expérimentale de cette hypothèse, sans négliger la perspective comparatiste, car les diverses espèces pourraient très bien avoir évolué de façon fort différente à cet égard. On connaît le légendaire sens du temps des abeilles, souvent testé d'ailleurs à l'aide de la méthode des repas limités à intervalles réguliers. Comme pour le rat, il semble que l'anticipation du repas ne se réalise que si l'on demeure proche d'une périodicité de vingt-quatre heures. Mais là s'arrête peut-être l'adaptabilité temporelle de l'abeille. Car pour ce que l'on en sait, elle ne manifeste aucune régulation temporelle spontanée dans des programmes de conditionnement où le renforcement est disponible toutes les 90 secondes. S'agit-il d'une incapacité incontournable ou seulement d'un reflet des insuffisances des stratégies expérimentales mises en œuvre ? Il faudra attendre de nouvelles recherches pour trancher.

On le voit, les recherches sur le temps chez l'animal sont actuellement riches d'interrogations qui relèvent de phénomènes accessibles par les méthodes conjuguées de la psychologie expérimentale et de la chronobiologie. Sans doute pourrions-nous accéder par ces investigations à une meilleure compréhension de nos propres adaptations au temps, marquées d'un côté par les contraintes des rythmes biologiques diversifiées, de l'autre, par les multiples conduites par lesquelles nous tentons de maîtriser le temps, conduites dont nous trouvons déjà chez l'animal d'étonnantes préfigurations. ■

## Pour en savoir plus

- P. Fraisse *et al.*, *Du temps biologique au temps psychologique*, PUF, 1979.
- M. Richelle et H. Lejeune, *Time in animal behaviour*, Pergamon Press, 1980.
- J. Gibbon et L. Allan, *Timing and time perception*, Annals of the New York Academy of Sciences, 1984.
- F. Macar, *Le temps, perspectives psychophysiologiques*, Mardaga, 1980.
- J. Aschoff, *Handbook of behavioral neurobiology*, vol. 4, *Biological Rhythms*, Plenum Press, 1981.

(13) H. Kawamura et S.T. Inouye, « Circadian rhythm in an hypothalamic island containing the suprachiasmatic nucleus », in M. Suda *et al.*, *Biological rhythms and their central mechanisms*, Elsevier North Holland Biomedical Press, 1979.