

101

425

30-046

RÉGULATION TEMPORELLE DU COMPORTEMENT ET ANTICIPATION

MARC RICHELLE ET HELGA LEJEUNE

*Laboratoire de Psychologie Expérimentale
Université de Liège, Belgique*

ABSTRACT. — The temporal regulation of the subject's own behavior, as studied with operant conditioning techniques, is a particularly precise example of behavioral anticipation. The study of collateral behavior, the analysis of the effects of physical restraint of movement and of the periodical structure of some contingencies of reinforcement converge to suggest that an active inhibitory mechanism underlies these regulations. The efficient involvement of this mechanism beyond certain temporal limits would be restricted in the absence of compensatory factors counterbalancing the inhibitory overload. Unpublished experimental data supports this hypothesis.

I. INTRODUCTION

1. Remarques sémantiques sur l'anticipation.

La notion d'anticipation est, pour les uns, inhérente à tout raisonnement biologique; pour les autres, elle a un relent de finalisme et ne peut qu'obscurcir notre compréhension du vivant. Il n'appartient pas au psychologue de trancher le débat, encore vif, de la téléonomie. Sur son propre terrain, cependant, il lui est difficile de se dispenser du concept d'anticipation. Il en use à propos de phénomènes fort divers et parmi lesquels il importe de repérer les différences aussi bien que le point commun. Pour commencer par celui-ci, nous pourrions admettre que le terme *anticipation* caractérise des conduites (ou certains aspects des conduites) clairement ordonnées à quelque événement ultérieur. Mais les conduites répondant à cette définition générale peuvent, sous d'autres angles, paraître si éloignées les unes des autres que nous devons y introduire des distinctions.

Dans certains cas particulièrement dépourvus d'ambiguïté, une réaction attendue normalement après un événement de référence survient avant ledit événement. L'exemple le plus classique et le plus indiscutable est la *réaction anticipée* dans la situation de temps de réaction : la réponse qui devrait se produire après le stimulus impératif se produit avant. On rangera aussi dans cette catégorie la réaction conditionnelle pavlovienne, et plus particulièrement dans sa forme dépouillée de tout stimulus conditionnel explicite, la réaction conditionnelle à la durée. Nous y rangerons encore diverses réactions conditionnées opérantes dans des situations impliquant des régulations temporelles. Nous reviendrons plus loin sur ce point, qui justifie l'ensemble de l'exposé qui va suivre.

Dans un sens où se conjuguent le spatial et le temporel, on dira d'un ajustement moteur qu'il atteste une anticipation si le mouvement est clairement déterminé non par la position actuelle de la cible mais par sa position prochaine.

Le psychologue parle souvent d'anticipation à propos d'une mise en condition préparatoire de l'organisme : attitude préparatoire au temps de réaction, mobilisation de l'attention dans une tâche de détection, *set* perceptif, adoption de la position optimale en vue d'un acte moteur (position de départ de l'athlète par ex.). Selon les cas, les caractéristiques de cette phase préparatoire peuvent être directement objectivées ou elles sont seulement inférables. (De ces formes d'anticipations, on glisse aisément à une extension abusive et vaine de l'usage du terme : on l'applique à toute phase d'un comportement antérieure à une autre phase).

La notion d'anticipation s'impose aussi chaque fois que le comportement paraît se dérouler selon un programme préalable, définissant l'ordre séquentiel et le déroulement temporel des actions, ordre et déroulement dont un enchaînement pas à pas ne pourrait rendre compte. L'exemple fréquemment cité de l'exécution à l'instrument d'une partition musicale fournit une illustration simple d'une telle programmation.

Enfin, à un niveau complexe des conduites humaines, on s'accordera à parler d'anticipation à propos de toute prévision explicite d'une information perceptive ou d'une action du sujet, cette prévision pouvant prendre l'allure d'une véritable planification de l'action, et reproduire ainsi, à l'étage représentatif, la programmation implicite envisagée au paragraphe précédent.

Cette brève, et sans doute incomplète énumération, suggère deux remarques : la notion d'anticipation s'applique, en psychologie, à des comportements de niveau de complexité très différents. La distance est grande entre la réponse anticipée du temps de réaction et la planification verbalisée d'une action à long terme.

D'autre part, et indépendamment du niveau de complexité des comportements envisagés, les psychologues usent du mot anticipation à propos de phénomènes très différents quant à leur statut dans l'analyse scientifique actuelle. Tantôt il s'agit de conduites clairement identifiables (réaction anticipée en temps de réaction, projet verbalisé explicite), tantôt d'antécédents physiologiques d'un comportement observable (variation d'état dans la préparation à l'action, appréhendée au niveau électroencéphalographique ou électromyographique par exemple), tantôt d'une inférence, que les propriétés des données observables rendent logiquement plus ou moins nécessaires (notion de programme, de programmation). Si ce dernier type d'anticipation est assurément séduisant par sa

signification théorique, il est aussi le plus hors d'atteinte des manipulations concrètes de l'expérimentateur. Les formes d'anticipation directe observables sont plus à sa portée, et elles soulèvent assez de problèmes pour lui fournir matière à de nombreuses expériences. Rien n'exclut d'ailleurs que les résultats de celles-ci éclairent un jour les formes d'anticipation moins accessibles aujourd'hui à une analyse expérimentale.

2. Régulations temporelles du comportement et anticipation.

Revenons à présent aux cas d'anticipations les plus élémentaires, mais aussi les plus nets pour le comportementaliste. Le temps y tient une place capitale, non seulement en ceci qu'à un rapport de postériorité ou de simultanéité se substitue un rapport d'antériorité entre événements — ce qui est tout à fait trivial s'agissant d'anticipation — mais parce qu'on y trouve inévitablement des indicateurs d'un ajustement intensif à la durée. Usant d'une référence toute métaphorique aux marqueurs de temps dans la syntaxe, nous dirions qu'il ne s'agit pas seulement d'*avant* et d'*après*, mais de *cependant que*, *tandis que*, *jusqu'à ce que*, *en attendant que*. Ceci n'avait pas échappé à PIÉRON qui, définissant dans son *Vocabulaire de la Psychologie* (1951) la *réaction d'anticipation* et la *réaction anticipée*, souligne dans les deux cas le rôle du signal conditionnel ou du rythme inducteur et, à propos de la seconde, invoque l'influence de l'*attente*.

Reste à préciser ce qu'est l'attente. Les ajustements de l'animal à des durées arbitraires nous offrent, pour cette analyse, un contexte privilégié. Déjà mises en évidence par PAVLOV dans les conditionnements différés, conditionnements de trace et conditionnements à la durée, les régulations temporelles du comportement sont aujourd'hui abordées de façon à la fois plus fine et plus diversifiée grâce aux techniques du conditionnement opérant. On trouvera ailleurs (RICHELLE & LEJEUNE, 1979) une description et une classification des principaux programmes de renforcement imaginés par les expérimentateurs pour explorer le contrôle du temps sur les comportements. Aucun de ces programmes ne se présente comme l'indicateur électif des capacités de l'hypothétique horloge interne qui sous-tendrait les ajustements au temps, moins encore comme le révélateur des mécanismes en jeu. C'est de la comparaison même des performances engendrées par les diverses contingences de renforcement, que se dégagent peu à peu des hypothèses sur les mécanismes de l'estimation du temps et de l'anticipation.

Une distinction importante pour notre propos oppose les situations impliquant une *régulation temporelle du comportement propre* du sujet et celles qui exigent une *estimation de la durée d'un événement extérieur*. On rangera, par exemple, parmi les premières, les programmes dits à *intervalle fixe* (FI) et de *Renforcement de débits de réponse lents* (DRL); parmi les secondes, les *programmes de discrimination de durée de stimulus externes*. Dans les deux cas, c'est naturellement par un comportement que le sujet manifeste sa mesure du temps. Toutefois, dans le premier cas, celle-ci se traduit dans la dimension temporelle du comportement lui-même, ou, plus précisément, par le positionnement dans le

temps des réponses – pause après renforcement du FI, espacement des réponses dans le DRL –, alors que, dans les situations de discrimination, elle se marque par la sélection de la réponse appropriée (par ex. stimulus long Etalon → Réponse – stimulus court, de comparaison → Ne pas répondre; ou Stimulus long Etalon → Réponse à gauche; Stimulus court, de comparaison → Réponse à droite), le moment d'émission ne revêtant aucune signification particulière.

Les études sur l'estimation des durées de stimulus externes représentent, pour le moment, le niveau de raffinement et de précision le plus avancé dans le cadre de l'analyse des régulations temporelles acquises et d'une psychophysique du temps chez l'animal. Les protocoles expérimentaux extrêmement précis permettent d'atteindre, dans les meilleurs cas, des fractions de Weber de l'ordre de .25.

Les comparaisons entre ces deux catégories de techniques ont permis de montrer qu'il existe, chez une même espèce, un ensemble de problèmes spécifiquement liés à la régulation temporelle du comportement propre (REYNOLDS, 1966; RICHELLE & LEJEUNE, 1979; LEJEUNE, 1978). Ainsi, des pigeons qui présentent une fraction de Weber de .25 pour des valeurs du stimulus étalon de 30 à 40 secondes (STUBBS, 1968) ne parviennent pas à s'ajuster de façon efficiente à un programme DRL de plus de 10 secondes (REYNOLDS, 1966; STADDON, 1965).

Les programmes de discrimination ne laissent pratiquement pas de place à des anticipations, au premier sens que nous avons donné à ce mot. Elles sont présentes, par contre, dans les programmes à régulation de l'action propre du sujet, sous des formes diverses dépendant de multiples variables, au premier rang desquelles on retiendra les exigences propres au programme. Il est frappant qu'un même organisme ne parvienne pas à espacer ses réponses motrices de plus de 10 sec dans un programme où cette régulation est la condition du renforcement (DRL) et s'abstienne sans peine de répondre pendant plusieurs minutes dans un programme à intervalle fixe (FI) où ce type de régulation spontanée n'a pas d'utilité apparente. Tout se passe comme si, dans certains cas, l'action motrice était aisément retenue, inhibée pendant des délais très longs et sans nécessité, alors que dans d'autres, les mécanismes régulateurs se trouvaient mis en échec pour des délais relativement courts.

On est donc amené à s'interroger sur les raisons de telles discordances. Nous envisageons ici trois aspects du problème, qui illustreront quelques données expérimentales inédites : le rôle des conduites collatérales, le rôle des indices proprioceptifs et la structure des apprentissages. Nous serons conduits à reprendre, pour rendre compte des régulations temporelles du comportement propre, l'hypothèse d'un mécanisme d'inhibition active dont l'efficacité serait tantôt limitée, tantôt favorisée par un ensemble de facteurs tenant à la situation, à la réponse utilisée, à l'histoire de l'apprentissage, etc... (pour un examen systématique de ces facteurs, voir RICHELLE, LEJEUNE et coll., 1980).

II. LES CONDUITES COLLATÉRALES

Parmi les auxiliaires externes des régulations temporelles acquises, les conduites dites collatérales ont de longue date retenu l'attention. La diversification et le raffinement des techniques a en effet souvent conduit à observer, entre les réponses opérantes elles-mêmes et principalement dans des programmes de type DRL, des émissions de comportements tantôt variées, tantôt stéréotypées.

Ces conduites collatérales, d'abord repérées à la faveur d'une observation occasionnelle, puis enregistrées systématiquement, ont ensuite fait l'objet de manipulations expérimentales délibérées dans le but d'en élucider le rôle dans la régulation temporelle. Tantôt les expérimentateurs ont cherché à les réduire, voire à les supprimer (LATIES, WEISS, CLARK & REYNOLDS, 1965; GLAZER & SINGH, 1971; BLOUGH, 1958; PLATT, KUCH & BITGOOD, 1973; KUCH, 1974; FRANCK & STADDON, 1974; RICHARDSON & LOUGHEAD, 1974; GREENWOOD, 1977), tantôt à les induire (SCHWARTZ & WILLIAMS, 1971; LATIES, WEISS & WEISS, 1969; McMILLAN, 1969), voire à les rendre obligatoires (LINCÉ, 1976).

De l'ensemble de ces travaux se dégagent deux hypothèses. L'une assigne aux conduites collatérales le rôle de stimulus discriminatifs permettant de substituer à l'appréciation de la durée comme telle le simple repérage d'un chaînon dans une séquence de comportements (éventuellement répétitif). Elles ont statut de véritable médiateur de la régulation temporelle, ou du moins, dans une forme faible de l'hypothèse, d'auxiliaires privilégiés (FERSTER & SKINNER, 1957; HODOS, ROSS & BRADY, 1962; HEARST, KORESKO & POPPEN, 1964). Elles améliorent les performances lorsqu'elles sont présentes ou lorsqu'elles sont induites. Inversement, leur suppression s'accompagnera d'une détérioration de l'efficacité.

La seconde hypothèse accorde aux conduites collatérales un rôle très différent, dans le cadre d'un mécanisme régulateur fait d'alternances *inhibition-décharge*, sur lequel nous reviendrons. Les conduites collatérales ne permettent plus ici d'éluder le problème de l'estimation temporelle. Elles trouvent leur fonction dans la compensation de l'inhibition inhérente à toute régulation du comportement propre.

Dans la première hypothèse, les conduites collatérales (mis à part le cas des réponses stéréotypées répétitives) se présenteraient comme une séquence de réponses dont chaque chaînon constituerait un stimulus discriminatif pour le suivant (ANGER, 1963). Bien que les données de la littérature ne portent jamais sur les programmes FI (soit qu'on n'y ait jamais observé de conduite collatérales, soit qu'on n'ait jamais regardé si elles s'y produisaient), on pourrait y assimiler la chaîne de réponse opérante survenant à une cadence accélérée en fin d'intervalle, avec la classique allure en feston de la courbe cumulative. Qu'advient-il si l'on morcelle cette chaîne et que l'on altère certaines fractions? Comme l'ont montré les expériences déjà anciennes de WALL (1965) et DEWS (1962, 1965 a et b, 1966 a et b, 1970), ni la durée de la pause post-renforcement, ni la qualité de l'ajustement temporel ne s'en trouvent perturbées.

Dans le programme de débit de réponses lent, le problème est plus complexe. De nombreuses expériences ont en effet montré une amélioration de l'efficacité du comportement après apparition spontanée ou induction de conduites collatérales (LATIES *et al.*, 1969; SCHWARTZ & WILLIAMS, 1971). D'autres travaux ont montré une détérioration de cette efficacité après suppression arbitraire des conduites collatérales (LATIES *et al.*, 1965; SKUBAN & RICHARDSON, 1975). Pourtant, quelques données récentes apportent des arguments favorables à la seconde hypothèse, celle d'une fonction de décharge motrice intégrée dans un mécanisme régulateur. Les conduites collatérales n'ont pas été décrites dans tous les cas en programme DRL, ce qui permet d'affirmer qu'elles ne sont pas un auxiliaire indispensable dans ces contingences.

De plus, la démonstration d'un apprentissage latent du programme DRL dans une situation de confinement physique maximal restreint encore leur portée (GLAZER & SINGH, 1971). Enfin, des travaux inédits de LINCÉ (1976) ont mis en lumière quelques faits intéressants.

Des rats sont soumis à un programme DRL à double levier : une réponse en A déclenche un délai critique de 7 ou 8 sec, au terme duquel une réponse en B sera renforcée si elle survient avant 5 sec. À la cage de conditionnement est annexée une roue à activité dont l'accès peut être autorisé ou interdit. Des rats qui ont joui d'une expérience préalable de la roue n'en usent pas tous lorsqu'ils se trouvent dans le programme DRL, tandis que certains rats en usent spontanément qui n'y ont pas été exposés auparavant. Ceux qui en usent dans les intervalles entre réponse A et réponse B (IRT), présentent un meilleur ajustement

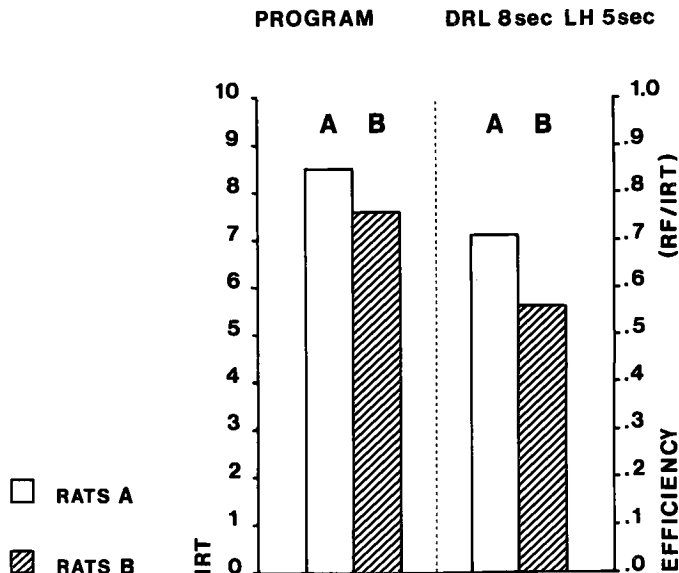


FIG. 1. — Performances of two groups of rats (A and B) on a DRL 8 sec LH 5 sec schedule : on the left, mean IRT; on the right, mean efficiency; the A rats do not present collateral behavior and show better adjustment than the B rats that do present collateral behavior (running in an activity wheel).

temporel dans les intervalles où ils tournent dans la roue. Ceux qui n'en usent pas n'accusent pas de performances moins bonnes (Fig. 1). De plus, l'usage de la roue ne survient pas exclusivement entre A et B, mais aussi bien après B, où l'activité collatérale ne peut naturellement revêtir aucune fonction de repérage temporel, mais pourrait bien jouer un rôle de décharge.

Si l'on exige un nombre déterminé de tours de roue entre réponses A et B successives, seule la moitié des sujets augmentent la fréquence de ces tours de roue. Aucune amélioration de l'efficacité du comportement n'est liée à cette fréquence accrue. Chez les animaux qui n'augmentent pas la fréquence du comportement locomoteur, l'efficacité est inchangée, voir réduite. Enfin, lorsque l'on bloque l'accès à la roue à activité, la distribution des intervalles entre réponses A et B successives est plus étalée et seule la fréquence relative des intervalles courts augmente. Si le comportement locomoteur en roue à activité avait assumé une fonction de médiateur de la durée, sa suppression aurait dû entraîner une augmentation des sous-estimations et des sur-estimations du délai A-B. Ces données s'accordent pour attribuer aux conduites collatérales un rôle de décharge de l'activité motrice, plutôt qu'une fonction de médiateur de la durée.

Il faut encore se demander, pourtant, si l'on est justifié à opposer présence et absence des conduites collatérales en prenant pour critère le repérage de conduites collatérales manifestes. En effet, les sujets chez lesquels nous n'observons pas, ou n'observons plus de tels comportements présentent peut-être des modifications neuromusculaires qui, pour n'être pas détectables par l'observateur, n'en jouent pas moins le rôle médiateur de l'estimation temporelle attribué aux conduites collatérales explicites. Il y a donc lieu, avant de trancher, de se tourner vers le niveau proprioceptif.

III. INFORMATIONS PROPRIOCEPTIVES ET RESTRICTION DU MOUVEMENT

La recherche du rôle joué par les indices proprioceptifs dans la régulation temporelle répond à deux hypothèses, parallèles à celles qui viennent d'être évoquées à propos des conduites collatérales. La première attribue aux informations d'origine musculaire une fonction de repérage temporel proprement dit : la frontière entre la partie de l'activité musculaire de l'organisme directement observable et la partie détectable seulement par l'instrumentation de physiologiste, n'a ici, on l'admettra sans peine, aucune signification.

La seconde hypothèse renvoie aux mécanismes inhibiteurs impliqués dans la régulation. Dans cette perspective, on tendra à contrôler la marge de liberté de l'activité musculaire, et l'on prédira que toute restriction se répercutera sur la performance temporelle si elle n'est pas compensée par des occasions de décharge.

Techniquement, deux voies de recherche ont été exploitées, l'une directe, l'autre indirecte. La première consiste à enregistrer en cours d'expérience de régulation temporelle l'activité électromyographique, et à mettre en relation les

caractéristiques de cette activité et la qualité de la performance. Cette stratégie, fort simple en son principe, mais qui se heurte à de nombreuses difficultés techniques même dans les laboratoires modernes, n'a été que très rarement mise en œuvre. L'étude déjà ancienne de SASLOW (1968) concluait, pour les estimations de délais inférieurs à la seconde, à l'absence de toute modification électromyographique corrélative de l'estimation de la durée. Il n'y avait donc, dans ce cas du moins, aucune préfiguration ou transposition au niveau non manifeste des conduites collatérales observables, et force était de situer au niveau central les réglages temporels en jeu, d'ailleurs extrêmement précis.

La seconde orientation n'appréhende pas directement l'activité neuromusculaire, mais installe des restrictions précises sur le mouvement de réponse et analyse l'effet de ces modifications sur l'efficacité du comportement. Par la contrainte sur le mouvement, et la limitation des conduites collatérales qu'elle entraîne, elle permet d'explorer l'hypothèse de la nécessité de décharge motrice compensatoire. Par la nature précise des restrictions imposées (manipulation des variables *durée, force, amplitude* du mouvement), elle conduira peut-être à cerner

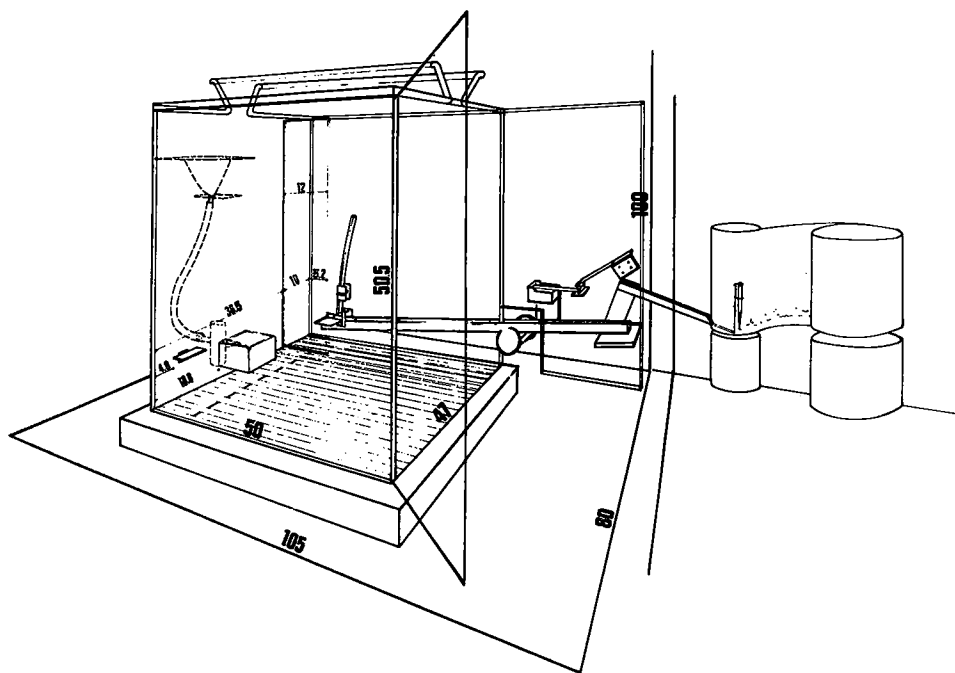


FIG. 2. — Cage used by GREENWOOD (1977) in study of cats' performances on DRL two-lever schedules. The A lever penetrates by the back wall and pivots around an axis situated at a distance of 42.2 cm. The right prolongation of this lever is equipped with an adjustable counterweight and a pen that records displacements. The B lever is situated on the left of the cup where milk-reinforcements are delivered. A plexiglas panel is attached to the left lateral wall, at a distance of 10 cm from the back wall. This panel ensures correct positioning of the animal during responding on the A lever (parallel to the back wall) and limits possible mobility.

un « optimum proprioceptif » propre à servir d'indice discriminatif que le sujet pourrait exploiter dans son estimation temporelle.

On trouve à peine plus d'études dans cette direction que dans la recherche des corrélats électromyographiques. Elles ont généralement recours à la procédure d'appui prolongé, le sujet devant maintenir sa réponse motrice pendant une durée déterminée pour être renforcé. Nous les illustrerons par quelques données inédites obtenues chez le chat dans deux programmes DRL à double levier (GREENWOOD, DAL PUPPO & TONG, 1975; GREENWOOD, 1977). (Fig. 2).

Dans le programme classique (appui bref), un appui sur un levier A déclenche un délai au terme duquel un appui sur un levier B est renforcé s'il survient avant dix secondes. Dans la variante à appui prolongé, un appui en B est renforcé si le sujet a maintenu l'appui en A pendant une durée au moins égale au délai spécifié par les contingences, mais inférieure à ce délai augmenté de 10 secondes. Il fallait au préalable s'assurer que cette variante ne se heurte à aucun obstacle au niveau moteur et que la chat est apte à maintenir un appui prolongé sur le levier, indépendamment de toute estimation du temps. Cette démonstration a été faite en associant à la réponse A un stimulus discriminatif de durée égale à la durée d'appui exigée, la fin du stimulus indiquant à l'animal qu'il peut relâcher l'appui. De la sorte, des appuis de 25 ou 30 secondes sont rapidement obtenus.

En l'absence de signal associé, le sujet doit évaluer la durée de sa réponse, comme il doit, dans le programme original, évaluer le délai entre réponse A et B. À critère de progression égal et après des nombres de séances de conditionnement équivalents, 4 chats en appui bref atteignent des délais de l'ordre de 6 à 10 secondes entre Réponse A et B successives, alors que quatre sujets en appui prolongé atteignent au mieux 6 secondes de durée d'appui A. Puisque la procédure en appui prolongé uniformise en quelque sorte les variables proprioceptives (immobilité relative de l'animal) pour les rendre plus discriminables, ces résultats semblent a priori infirmer l'hypothèse invoquant les informations proprioceptives. Toutefois, un examen détaillé des données révèle deux faits significatifs. En premier lieu, la tendance centrale des durées d'appui est mieux ajustée au critère du programme. En second lieu, la distribution des durées d'appui présente un écart type plus petit. L'appui prolongé conduit donc à un ajustement plus précis à un critère temporel donné, assorti d'une dispersion plus faible des valeurs observées.

La meilleure qualité des ajustements en appui prolongé ne semble pas dépendre de la progression plus lente des chats de ce programme. La comparaison de deux sujets soumis à des nombres de séances équivalents et stabilisés au critère de 6 secondes, l'un en appui bref, l'autre en appui prolongé, confirme les tendances décrites pour les groupes respectifs (voir Fig. 3). Enfin, si l'on modifie la force exigée pour le déclenchement de la réponse, on n'observe aucune amélioration des performances, sauf chez un sujet en appui prolongé. Ces résultats encore exploratoires sont d'interprétation délicate. Il paraît en effet évident que les deux situations, appui bref et appui prolongé, diffèrent non seulement quant aux variables proprioceptives impliquées, mais encore quant aux conduites collatérales possibles. Le fait qu'un sujet présente une amélioration lorsqu'on augmente la force exigée suggère que la marge de force explorée ne

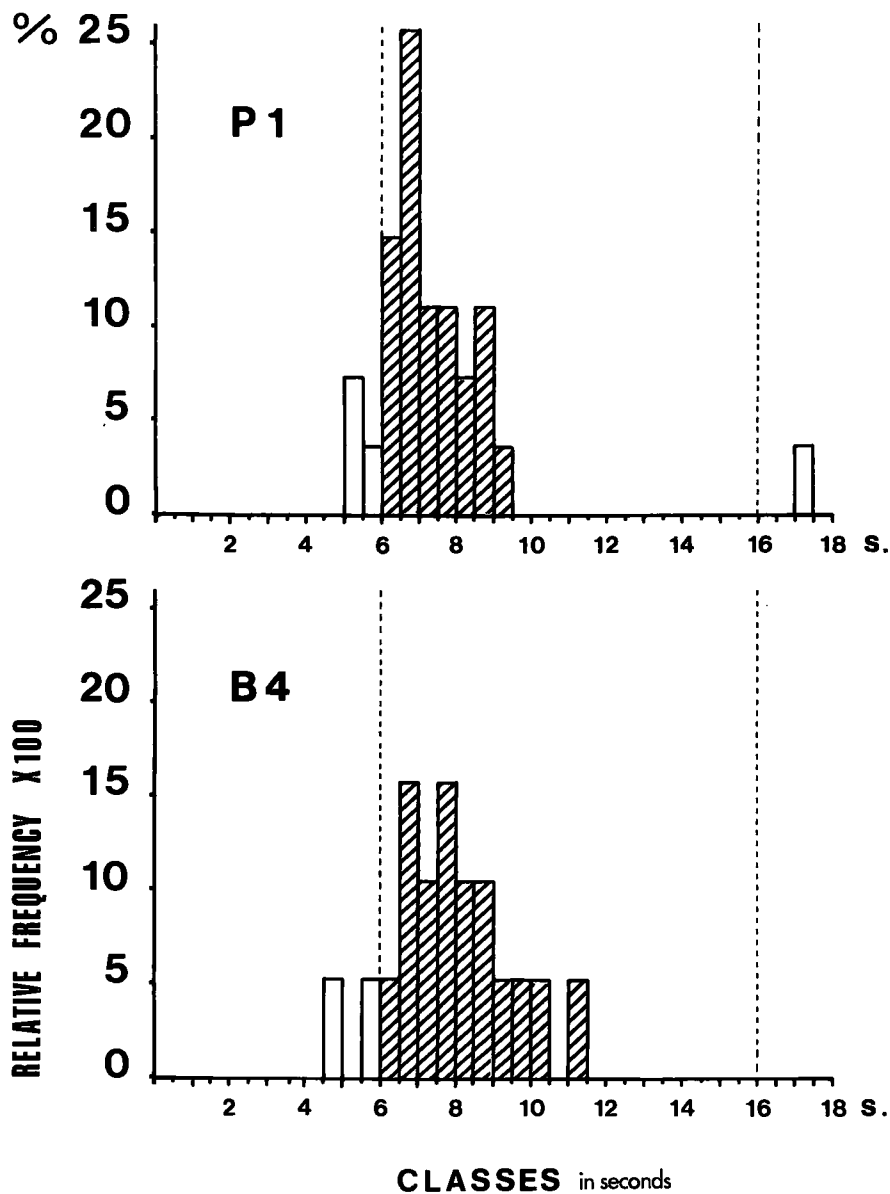


FIG. 3. — Distribution of response durations (cat P 1) and intervals between successive A and B responses (cat B 4) on a DRL 6 sec LH 10 sec schedule (data from the 107 th conditioning session). The stripes indicate reinforced A response durations and A-B intervals (after GREENWOOD, 1977).

correspond pas pour les autres animaux à l'« optimum proprioceptif » auquel il a été fait allusion. D'autre part, le délicat problème de l'intrication de variables proprioceptives et de variables d'ordre purement mécanique n'a pas encore reçu de solution satisfaisante (CHRISTINA, 1970; GREWOOD, 1977).

Sous réserve de vérification ultérieure, on pourrait ainsi conclure : la mobilisation motrice impliquée dans la procédure d'appui prolongé se révélerait favorable à la régulation temporelle pour des durées ne dépassant pas 6 secondes; mais au-delà, elle contrecarrerait l'ajustement. La première hypothèse se trouverait confirmée pour les durées brèves : à la faveur d'une définition rigoureuse du geste requis, le sujet serait en mesure de tirer parti des informations proprioceptives. Pour les délais plus longs, cependant, les restrictions imposées aux mouvements de l'animal, appelé simultanément à estimer le temps, entraîneraient une surcharge inhibitrice par défaut de compensation dans des activités de décharge. Il est remarquable d'ailleurs qu'en appui prolongé, des conduites stéréotypées se font jour au niveau de la tête et du cou, comme si, jusqu'en cette situation où le maintien de la posture réduit singulièrement la mobilité de l'animal, la décharge compensatoire trouvait malgré tout son chemin dans les segments du corps encore disponibles, mais à un degré insuffisant pour autoriser la maîtrise de délais plus longs que 4 à 6 sec.

IV. STRUCTURE DES APPRENTISSAGES

Il a déjà été question du paradoxe lié spécifiquement aux situations qui exigent une régulation temporelle du comportement propre. Il illustre le rôle joué par la structure des apprentissages. Avant de définir cette notion, il importe de rappeler que l'opposition entre qualité de performance en FI et DRL a été décrite pour toutes les espèces soumises aux deux apprentissages (par exemple le pigeon : REYNOLDS, 1966; STADDON, 1965; DEWS, 1965; la souris : MAURISSEN, 1970; le chat : RICHELLE, 1972).

Programmes FI et DRL diffèrent par les conditions d'obtention du renforcement et quant à leur structure. Cette dernière sera définie en termes de distribution du renforcement primaire et des stimulus associés en fonction du temps (pour une analyse plus détaillée, voir LEJEUNE, 1978). Le programme FI se distingue du programme DRL par sa structure périodique. En situation expérimentale, l'événement renforçant du FI est distribué à intervalles égaux, contrairement à ce que l'on observe en DRL. Un ensemble de faits permet d'attribuer à cette structure périodique un rôle particulier. En premier lieu, de nombreux travaux ont souligné la stabilité du comportement dans le programme FI et sa résistance à des manipulations ou interférences de nature diverses (DEWS, 1965; WALL, 1965; POWELL, 1972; BUCHMAN & ZEILER, 1975; SHULL & GUILKEY, 1976). Par opposition au FI, les comportements régis par les programmes à proportion (FR) sont plus malléables (SHULL & GUILKEY, 1976).

En second lieu, il a été démontré que la durée de la pause post-renforcement en FI est contrôlée par le temps qui sépare les renforcements successifs. En

d'autres termes, c'est la distribution temporelle des renforcements qui contrôle l'organisation des réponses (STARR & STADDON, 1974; LATAL & BRYAN, 1976; SHULL & GUILKEY, 1976; COHEN & STUBBS, 1976). En troisième lieu, le rôle de l'événement renforçant en FI a été analysé de façon encore plus précise dans les travaux qui distinguent le renforcement et les stimulus extéroceptifs associés à la distribution du renforcement primaire. Les données issues de certains programmes de second ordre présentent à ce titre un intérêt particulier. Dans ces programmes, le sujet reçoit le renforcement primaire au terme de n chaînons *Intervalle fixe*. Chacun de ces chaînons est « renforcé », non par un renforcement alimentaire mais par un stimulus bref, lequel peut d'autre part être associé ou non avec le renforcement primaire au terme du dernier chaînon. Ainsi, dans un FR 5, FI 2, cinq intervalles de 2 minutes devront se dérouler pour qu'un renforcement soit octroyé. Seul un signal sonore marquera le terme de chacun des 4 premiers intervalles. Au-delà d'un débat méthodologique soulevé par les premiers travaux sur les programmes de second ordre (voir à ce sujet STUBBS, 1971, STUBBS & SILVERMAN, 1972; MALAGODI, DE WESSE & JOHNSTON, 1973; CORFIELD-SUMMER & BLACKMAN, 1976), il importe de retenir les conclusions suivantes. Les stimulus présentés au lieu de renforcement primaire contrôlent le comportement comme les renforcements primaires. Ce contrôle est manifeste que les stimulus soient ou non associés avec le renforcement primaire. Lorsque les chaînons constitutifs sont des intervalles fixes, les stimulus brefs exercent essentiellement une fonction discriminative de type inhibiteur : ils sont suivis de pauses comme les renforcements primaires (COHEN & STUBBS, 1976). De plus, le débit de réponses positivement accéléré est présent et le contrôle par l'intervalle fixe est maximum lorsque le chaînon constitutif est renforcé selon une proportion variable (VR) par opposition à une proportion constante (FR). Dans ce cas, on n'observe pas d'effet de séquence au travers des unités de base successives et le contrôle par la périodicité du programme est renforcé (CORFIELD-SUMNER & BLACKMAN, 1976). Les données issues des programmes de second ordre permettent donc de préciser la nature du contrôle exercé par les stimulus externes en FI. Encore fallait-il distinguer ce contrôle de celui qu'exerce le seul renforcement alimentaire.

Cette analyse revient à DELIÈGE (1975) qui, contrairement aux manipulations classiques, maintient le renforcement primaire et supprime les stimulus visuels et auditifs associés à sa distribution (masquage du point de chute du renforcement et isolation acoustique totale). DELIÈGE a montré que le renforcement alimentaire seul n'induit pas le contrôle caractéristique du programme FI (pause suivie du débit accéléré). Ce contrôle régulateur est exercé par les stimulus associés à la distribution du renforcement. Ces stimulus supprimés en FI 2 minutes chez le rat, la pause post-renforcement et le débit de réponses accéléré disparaissent. L'émission des réponses diminue, se fragmente, et l'on s'achemine vers une extinction en dépit du maintien des contingences de renforcement primaire. Si l'on réinstalle ensuite les stimulus le comportement observé avant leur suppression réapparaît. Il est par ailleurs possible de conditionner des rats en l'absence des stimulus associés au renforcement primaire. Leur introduction ultérieure améliore la performance qui se détériore à nouveau si ces stimulus sont retirés (Fig. 4). La suppression de ces mêmes stimulus dans le programme DRL de 20 secondes reste par contre sans effet.

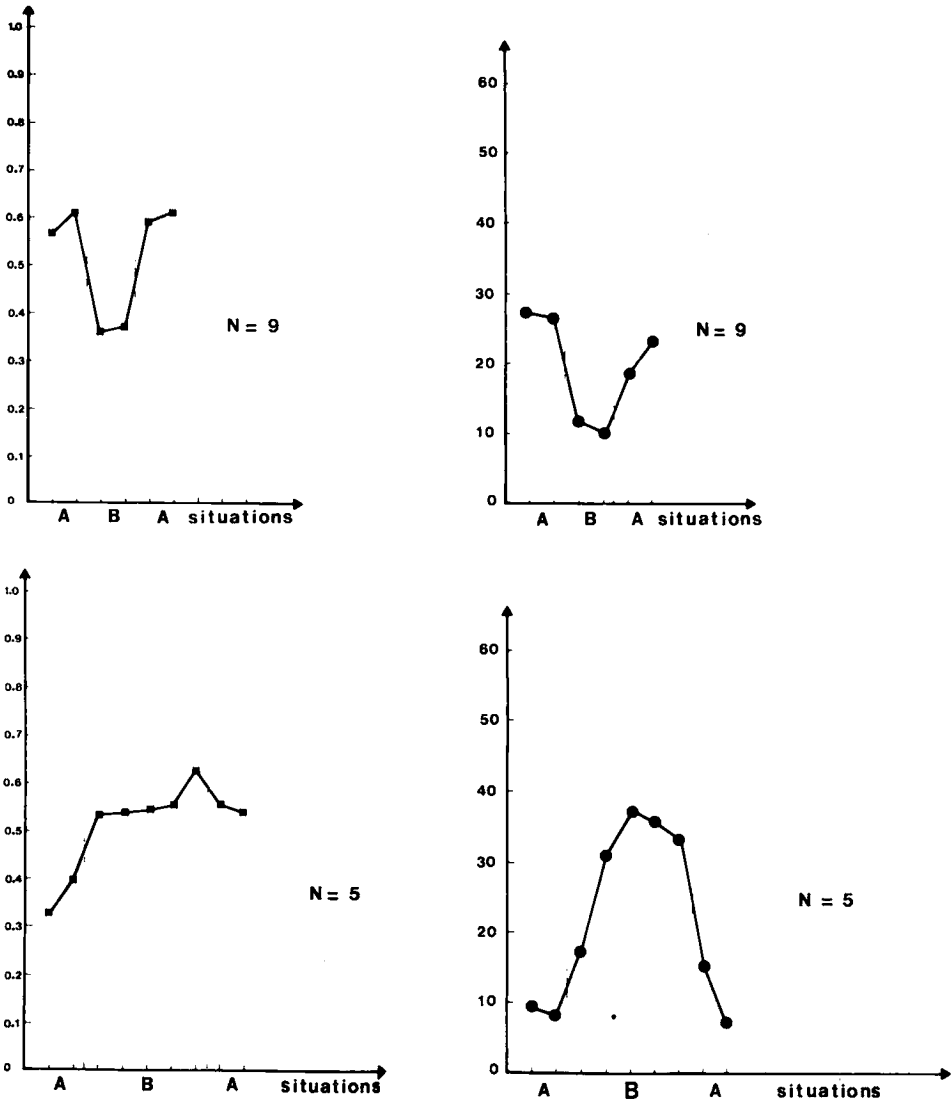


FIG. 4. — Quality of temporal regulation estimated by the index of FRY, KELLEHER & COOK (1960) (left) and by the mean number of responses per reinforcement (right) for two groups of rats (for group-sizes, see N) on an FI 2 min schedule.

Top : suppression of auditory and visual cues associated with primary reinforcement in situation B. These cues are present in situation A.

Bottom : Introduction of auditory and visual cues associated with primary reinforcement in situation B. These cues are absent from situation A. (after DELIÈGE, 1975).

Toutes ces données convergent pour attribuer à l'événement renforçant périodique du programme FI (renforcement primaire et stimulus associé) un double statut de *sélecteur* et de *synchroniseur* du comportement. Du contrôle synchroniseur dépendra le découpage pause-activité et le débit de réponse accéléré en fin d'intervalle. L'*irrégularité* de structure du programme DRL, liée à l'absence d'un tel synchroniseur, sera associée au médiocre contrôle du comportement par les contingences de renforcement.

Les événements périodiques inhérents au programme FI jouent un rôle qui n'est pas sans rappeler celui des *synchroniseurs* de la chronobiologie, mettant en phase avec une variable extérieure l'activité de la machine organique. La précision des rythmes ainsi synchronisés ne permet pas de prédire ce que seront les rythmes livrés à eux-mêmes, en libre-cours. Il en va de même dans l'ajustement au programme FI : les facilitateurs qu'il procure au sujet entraînent une performance qui nous informe peu, en fait, sur ses capacités réelles de régulation temporelle. Nous ne pouvons vraiment apprécier ces dernières que dans un contexte dépourvu de tels synchroniseurs. Les observations de DELIÈGE, bien que non systématiques sur ce point indiquent clairement cette dissociation.

V. INHIBITION ET ANTICIPATION

Les nombreuses recherches visant à élucider le rôle des conduites collatérales dans les régulations temporelles n'ont pas abouti à leur assigner le rôle de médiateur de l'estimation du temps, comme le suggérait l'une des hypothèses (LINCÉ, 1976; ZEILER, 1972). S'il est permis de leur reconnaître une fonction auxiliaire facilitatrice, le mécanisme de base est ailleurs. Il n'en va pas autrement pour les informations proprioceptives, renvoyant à des conduites collatérales non manifestes (covert), à propos desquelles les données expérimentales sont beaucoup plus rares (SASLOW, 1968; GREENWOOD, 1977). Si l'on restreint le mouvement et spécifie la posture, les performances s'en trouveront éventuellement améliorées pour des durées brèves (de l'ordre de 5 sec), mais se dégraderont au-delà.

L'hypothèse qui nous paraît aujourd'hui la plus adéquate à l'ensemble des observations fait appel à des mécanismes inhibiteurs dans toute régulation temporelle du comportement. Cette hypothèse telle que l'envisage le comportementaliste, ne situe pas les mécanismes en cause. Ce problème concerne le neurophysiologiste, à qui il appartient d'explorer à cet égard le versant système nerveux central. Mais elle en caractérise la nature, qui ne se laisse pas réduire à un simple phénomène de discrimination. En toute régulation temporelle, un système est mis en branle, à un point donné du temps, qui tient en suspend une conduite jusqu'en un moment ultérieur.

De nombreux faits classiques s'inscrivent sans peine dans le cadre d'une telle hypothèse : depuis les phénomènes de désinhibition déjà décrits par PAVLOV et retrouvés dans le contexte du conditionnement opérant — où ils sont plus difficiles, techniquement, à mettre en évidence — jusqu'aux inhibitions généralisées observées chez plusieurs espèces dans diverses expériences de conditionne-

ment au temps (SINGH & WICKENS, 1968; BRIMER, 1972; RICHELLE, 1972; LEJEUNE, 1971; DELIÈGE, 1975), en passant par l'examen des discordances entre performance en fonction des contingences de renforcement. Les faits discutés ci-dessus vont dans le même sens.

Un système inhibiteur comme celui que nous postulons ici ne pourrait correctement fonctionner pour des délais dépassant une certaine valeur, ou de façon prolongée, sauf à ménager des compensations. Ce serait là le rôle des conduites collatérales, ou encore des signaux externes facilitateurs induisant la périodicité. Faute de ces facteurs compensatoires, on aboutirait rapidement à une surcharge inhibitrice expliquant tantôt l'apparition prématurée de la conduite en suspens, tantôt la dégradation massive de l'adaptation — extinction du comportement conditionné, avec éventuelle apparition d'agitation et autres signes de névrose expérimentale (MACAR, 1971). On comprendrait dès lors que les contingences de renforcements laissant peu de place aux décharges compensatoires, — le DRL, et plus nettement encore les programmes exigeant un appui prolongé ou imposant par quelque autre moyen une restriction du mouvement — donnent lieu à des ajustements temporels infiniment moins efficaces que les contingences qui les autorisent largement.

Dans le cadre de la régulation au temps de ses propres conduites, anticiper c'est essentiellement inhiber; et si l'ajustement manque de précision, il ne peut s'agir simplement d'une erreur de lecture d'un cadran d'horloge, mais d'une insuffisance des mécanismes qui tiennent en suspens l'action.

RÉFÉRENCES

- Anger D. — The role of temporal discrimination in the reinforcement of Sidman avoidance behavior. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1963, 6, 477-506.
- Blough D.S. — New tests for tranquilizers. *Science*, 1968, 127, 586-587.
- Brimer J.C. — Disinhibition and the operant. In R.A. Boakes & M.S. Halliday (Eds.), *Inhibition and learning*. London : Academic Press, 1972, 205-227.
- Buchman I.B. & Zeiler M.D. — Stimulus properties of fixed-interval responses. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1975, 24, 369-375.
- Christina R.W. — Proprioception as a basis for the temporal anticipation of motor responses. *Journal of motor Behavior*, 1970, 2, 125-133.
- Cohen S.L. & Stubbs D.A. — Discriminative properties of briefly presented stimuli. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1976, 25, 15-25.
- Corfield-Sumner P.K. & Blackman D.E. — Fixed versus variable sequences of food and stimulus presentation in second order schedules. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1976, 26, 405-413.

- Deliège M.** — *Le comportement de régulation temporelle spontanée en programme à intervalle fixe*, Thèse de Doctorat en Sciences zoologiques, Université de Liège, 1975 (inédit)..
- Dews P.B.** — The effect of multiple S^{Δ} periods on responding on a fixed-interval schedule. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1962, 5, 369-374.
- Dews P.B.** — The effect of multiple S^{Δ} periods on responding on a fixed-interval schedule: II in a primate. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1965, 8, 53-54.
- Dews P.B.** — The effect of multiple S^{Δ} periods on responding on a fixed-interval schedule: III effects of changes in pattern of interruption, parameters and stimuli. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1965, 8, 427-435.
- Dews P.B.** — The effect of multiple S^{Δ} periods on responding on a fixed-interval schedules: IV effect of continuous S^{Δ} with only short S^D probes. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1966, 9, 147-151.
- Dews P.B.** — The effect of multiple S^{Δ} periods on responding on a fixed-interval schedules: V effect of periods of complete darkness and of occasional omission of food presentation. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1966, 9, 573-578.
- Dews P.B.** — The theory of fixed-interval responding. In W.N. Schoefeld (Ed.), *The theory of reinforcement schedule*. New York: Appleton Century Crofts, 1970, 43-62.
- Ferster C.B. & Skinner B.F.** — *Schedule of reinforcement*, New Kork: Appleton Century Crofts, 1957.
- Frank J. & Staddon J.E.R.** — Effects of restraint on temporal discrimination behavior. *The psychological Record*, 1974, 24, 123-130.
- Fry W., Kelleher R.T. & Cook L.** — A mathematical index of performance on fixed interval schedule of reinforcement. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1960, 3, 193-199.
- Glazer H. & Singh D.** — Role of collateral behavior in temporal discrimination performance and learning in rats. *Journal of experimental Psychology*, 1971, 91, 78-84.
- Greenwood P.** — *Contribution à l'étude des régulations temporelles acquises chez le chat (Felis domestica)*, Mémoire de Licence en Psychologie, Université de Liège, 1977 (inédit).
- Greenwood P., Dal Puppo A. & Tong T.** — *Etude du DRL à deux leviers. Appui bref et appui prolongé chez le chat*, Rapport de recherche inédit, Laboratoire de Psychologie expérimentale de l'Université de Liège, 1975.
- Hearst E., Koresko M.B. & Poppen R.** — Stimulus generalisation and the response-reinforcement contingency. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1964, 7, 369-380.

- Hodos W., Ross G.S. & Brady J.V. - Complex response patterns during temporally spaced responding. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1962, 5, 473-479.
- Kuch D.O. - Differentiation of press duration with upper and lower limits of reinforced values. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1974, 22, 275-283.
- Laties V.G., Weiss B., Clark R.L. & Reynolds M.D. - Operant mediating behavior during temporally spaced responding. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1965, 8, 107-116.
- Laties V.G., Weiss B. & Weiss A.B. - Further observation of overt "mediating" behavior and the discrimination of time. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1969, 12, 43-57.
- Latall K. & Bryan A.J. - Effects of concurrent response-independent reinforcement on fixed-interval schedule performance. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1976, 26, 495-504.
- Lejeune H. - Note sur les régulations temporelles acquises en programme à intervalle fixe chez le chat. *Revue du Comportement animal*, 1971, 5, 123-129.
- Lejeune H. - Sur un paradoxe dans l'estimation du temps chez l'animal. *L'Année psychologique*, 1978, 78, 163-181.
- Lince R. - *Activité collatérale et régulation temporelle en DRL*, Mémoire de Licence en Psychologie, Université de Liège, 1976 (inédit)..
- Macar F. - Névrose expérimentale dans un programme de débits de réponses lents chez le chat. *Journal de Psychologie normale et pathologique*, 1971, 2, 191-205.
- McMillan D.E. - Reinforcement contingencies maintaining collateral responding under a DRL schedule. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1969, 12, 413-422.
- Malagodi E.P., De Weese J. & Johnston J.M. - Second-order schedules : a comparison of chained, brief-stimulus and tandem procedures. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1973, 20, 447-460.
- Maurissen J. - *Régulation temporelle acquise en programmes FI et DRL chez la souris*. Mémoire de Licence en Psychologie, Université de Liège, 1970 (inédit).
- Platt J.R., Kuch D.O. & Bitgood S.C. - Rat's lever press duration as psychophysical judgment. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1973, 19, 239-250.
- Powell R.W. - - The effect of deprivation upon fixed-interval responding : a two-state analysis. *Psychonomic Science*, 1972, 26, 31-34.
- Reynolds G.S. - Discrimination and emission of temporal intervals by pigeons. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1966, 9, 65-68.

- Richardson W.K. & Loughhead T.E.** - The effect of physical restraint on behavior under the differential reinforcement of low rate schedule. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1974, **21**, 455-461.
- Richelle M.** - Temporal regulation of behaviour and inhibition. In R.A. Boakes & M.S. Halliday (Eds.), *Inhibition and Learning*. London : Academic Press, 1972, 229-251.
- Richelle M. & Lejeune H.** - L'animal et le temps : *Du temps biologique au temps psychologique*, Paris : P.U.F., 1979, 73-128.
- Richelle M., Lejeune H., Defays D., Greenwood P., Macar F. & Mantanus H.** - *Time in animal behaviour*, Oxford, Pergamon Press, 1980.
- Saslow C.A.** - Operant control of response latency in monkeys : evidence for a central explanation. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1968, **11**, 89-98.
- Schwartz B. & Williams D.R.** - Discrete-trials spaced responding in the pigeon : the dependance of efficient performance on the availability of a stimulus for collateral pecking. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1971, **16**, 155-160.
- Shull R.L. & Guilkey M.** - Food deliveries during the pause on fixed interval schedules. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1976, **26**, 415-424.
- Singh D. & Wickens D.D.** - Desinhibition in instrumental conditioning. *Journal of comparative and physiological Psychology*, 1968, **66**, 557-559.
- Skuban W.E. & Richardson W.K.** - The effect of size of the test environment on behavior under temporally defined schedules. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1975, **23**, 271-275.
- Staddon J.E.R.** - Some properties of spaced responding in pigeons. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1965, **8**, 19-27.
- Starr B.C. & Staddon J.E.R.** - Temporal control of periodic schedules : signal properties of reinforcement and blackout. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1974, **22**, 535-545.
- Stubbs D.A.** - The discrimination of stimulus duration by pigeons. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1968, **11**, 223-238.
- Stubbs D.A.** - Second-order schedules and the problem of conditioned reinforcement. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1971, **16**, 289-313.
- Stubbs D.A. & Silverman P.J.** - Second-order schedules : a brief shock at the completion of each component. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1972, **17**, 201-212.
- Wall A.M.** - Discrete-trial analysis of fixed-interval discrimination. *Journal of comparative and physiological Psychology*, 1965, **60**, 70-75.
- Zeiler M.D.** - Reinforcement of spaced responding in a simultaneous discrimination. *Journal of the experimental Analysis of Behavior*, 1972, **18**, 443-451.