

**INTERACTIONS ENTRE PROCESSUS COGNITIFS ET PHYSIOLOGIQUES:  
EFFET DU NIVEAU D'EFFORT ET DU NIVEAU DE CONDITION PHYSIQUE DES SUJETS.**

Jeanick Brisswalter<sup>1</sup>, Patrick Legros<sup>2</sup>, & Didier Delignières<sup>3</sup>

1. Laboratoire de Physiologie et de Biomécanique, INSEP
2. Laboratoire d'analyse de la performance motrice humaine, Université de Poitiers
3. Laboratoire de Psychologie, INSEP

Résumé - Le but de ce travail est d'observer l'effet du niveau de condition physique et de différents niveaux de sollicitation des processus énergétiques sur la rapidité et l'exactitude des temps de réaction de choix. Après une première épreuve de détermination de la consommation maximale d'oxygène, vingt sujets, pratiquant ou ayant pratiqué des activités à haute incertitude événementielle, sont divisés en deux groupes: avec et sans condition physique. L'épreuve de mesure de la performance cognitive est composée de quatre paliers de pédalage, d'une durée de six minutes, sur cycloergomètre. L'intensité est fixée à 20, 40, 60, 80 % de la puissance à laquelle a été atteinte V02 max (P max). Durant cette épreuve, la fréquence cardiaque est relevée en continu, la lactatémie est mesurée à la fin de chaque palier. L'épreuve de temps de réaction est réalisée à partir de la troisième minute d'effort. Les résultats montrent pour les deux groupes, à partir de 40 % de P max, une amélioration du temps de réponse sans modification du pourcentage d'erreurs. L'évolution des indices physiologiques relevés ne permet pas d'interpréter ce résultat en termes d'activation liée à l'exercice. Par ailleurs, lorsque l'intensité est exprimée en valeur absolue, la variation de la performance dans les tâches cognitives différencie les deux groupes.

Mots-clefs: Exercice Processus cognitifs Condition physique Activation.

Abstract: There has been little research on the relationship between physical exercise and cognitive performance. These studies can be classified in four categories: those finding a beneficial relationship, those finding a detrimental relationship, those finding both a beneficial and a detrimental relationship and those finding no relationship. Tomporowski and Ellis (1986) reported that these inconsistent findings were due to the failure of researchers to use a coherent methodology and, that future research should consider several points. First, exercise produced arousal and fatigue, and any at temps to analyse exercise effect has to measure exactly the physical changes brought by exercise. Second, the effect of exercise will depend on the physical fitness of the subject tested. The purpose of this present research was to examine the effect of two levels of physical fitness on the performance of a multiple choice reaction time during four aerobic workloads (20, 40, 60, 80 % Maximal Aerobic Power). Results indicated, in the two groups, that the increments in relative physical workload improved performance in the RT task. We discussed, first the difficulty to show relationship between arousal, physiologic measures and cognitive performance, second the fact that the performance was different between the two groups when intensity was expressed as absolute workloads.

Key-words: Exercise / Cognitive process / Physical fitness / Activation.

## Introduction

Dans les activités physiques et sportives, la performance présente un caractère multidéterminé. Elle dépend à la fois de l'efficacité des processus cognitifs et de celle des processus physiologiques sollicités dans l'action. Dans les champs respectifs de la physiologie et de la psychologie, l'étude séparée de ces processus est classique. Néanmoins, certaines recherches conduites dans chaque domaine ont cherché à analyser l'influence de l'exercice physique sur l'efficacité des processus cognitifs. Les résultats de ces travaux peuvent être classés en quatre catégories :

1- l'exercice entraîne une amélioration (McGlynn, Laughlin et Bender, 1977 ; McGlynn, Laughlin et Rowe, 1979; Lacour, Fourcade *et coll.*, 1988).

2 -l'exercice provoque une détérioration (Gutin et di Gennaro, 1968a ; Fleury et Bard, 1987).

3 -l'exercice provoque une amélioration puis, à partir d'une certaine intensité, une détérioration de la performance (Bills et Stauffacher, 1937; Andréasi, 1965; Davey, 1973 ; Stauffacher, 1937; Sjoberg, 1968 ; Levitt et Gutin, 1971 ; Salmela et Ndoye, 1986).

4 -l'exercice n'a aucune influence sur les performances dans les tâches de nature cognitive (Gutin et di Gennaro, 1968b; Flynn, 1972 ; Bard et Fleury, 1978 ; Fleury et Bard, 1981; Craft, 1983).

Dans une revue de question sur le sujet, Tomporowski et Ellis (1986) considèrent que la grande inconsistance des résultats est due principalement à la mise en oeuvre dans ces travaux de méthodologies différentes, aussi bien en ce qui concerne la tâche cognitive, la condition physique des sujets, l'expertise des sujets dans la tâche ou la nature de l'exercice physique. En effet, pour une même population et un même niveau d'effort, l'évolution de la performance est liée en premier lieu à la nature de la tâche cognitive. Par exemple, Pass et Adams (1991), Legros, Delignières *et coll.* (1992), Durand, Bourrier *et coll.* (1992), Delignières, Brisswalter *et coll.* (1993) ont montré des effets symétriquement différenciés (dégradation ou amélioration de la performance) entre les temps de réaction simple et de choix.

Par ailleurs, l'ensemble de ces études présente une grande diversité de procédures expérimentales et tend souvent à envisager l'exercice physique comme un facteur unidimensionnel. Aussi, l'absence d'indices physiologiques valides et de tests préalables de la condition physique des sujets, en rapport avec la nature de la tâche physique, ne permet-elle pas de déterminer la nature des processus physiologiques sollicités au cours de ces épreuves et limite ainsi toute interprétation. L'hypothèse classiquement avancée dans ce cadre expérimental repose sur une influence de l'effort physique médiée par une modification du niveau d'activation induit par l'exercice. Tomporowski et Ellis ( 1986) indiquent que la mesure des modifications entraînées par l'exercice doit prendre en compte deux effets de l'exercice. L'exercice modifie l'état d'activation du sujet et l'exercice crée un état de fatigue. Il semble que la confusion entre ces aspects soit une source d'ambiguïté dans l'interprétation des résultats. Il est nécessaire de considérer qu'il existe une interférence entre ces facteurs qui peut être responsable de variations interindividuelles. De la même façon que l'activation a perdu le caractère unidimensionnel de ses premières définitions (Duffy, 1962) pour apparaître comme une manifestation complexe (Jones et Hardy, 1989), la fatigue recouvre des états physiologiques divers. La définition d'Edwards (1981), qui caractérise la fatigue comme l'impossibilité de maintenir un niveau de force ou de puissance donné, permet de situer

l'apparition de la fatigue dans le temps en fonction du protocole expérimental. Dans les deux cas, il est nécessaire de déterminer des indices permettant de mesurer l'effet de l'exercice dans ces domaines. Pour répondre à ces exigences, seuls des niveaux d'efforts sous-maximaux permettent l'utilisation des paramètres classiquement relevés (fréquence cardiaque, lactatémie, échelle d'effort perçu) comme indices du niveau de sollicitation des processus physiologiques. En effet, lors d'efforts supramaximaux, cette approche ne peut être qu'indirecte et de nombreuses limites à l'interprétation des résultats sont liées à la validité des indices utilisés pour décrire l'intervention des processus énergétiques.

Dans ce cadre de recherche, la nécessité de contrôler la dépense énergétique pour chaque sujet repose sur deux hypothèses :

-l'utilisation de paliers exprimés en intensité relative ou absolue, pour déterminer les niveaux d'effort, entraîne des effets différenciés sur la performance cognitive.

-pour une même sollicitation des processus énergétiques, le niveau de condition physique détermine l'évolution de la performance cognitive mesurée lors de l'effort.

Le but de ce travail est d'observer et d'analyser l'effet du niveau de condition physique et de la nature des processus physiologiques sollicités sur l'évolution de la performance dans une même tâche cognitive pour deux groupes de même niveau d'expertise dans la tâche cognitive.

## **Méthode**

### *Sujets*

20 sujets divisés en deux groupes participent à l'expérience. Le premier est constitué de 10 escrimeurs spécialistes de fleuret de niveau national (hommes, âge moyen 18,1 ans (!: 0,9), le second de maîtres d'armes (hommes, âge moyen 28 ans (!: 2). Les valeurs de consommation maximale d'oxygène (VO<sub>2</sub> max), de puissance maximale (P max) relevées lors d'une première épreuve triangulaire maximale différencient significativement les deux groupes (P < .005, tableau 1 ).

### *Matériel et méthode*

La tâche physique consiste en un effort de pédalage sur un cycloergomètre *ergoméca* de type Spengler. La charge de travail est augmentée par un accroissement conjoint de la force de résistance et de la fréquence de pédalage. Le compteur électronique placé sur le volant d'inertie mesure en permanence la fréquence de pédalage. Le matériel expérimental permet un réglage adapté à chaque morphologie d'individu dans un but de standardisation maximale du test.

La tâche cognitive est une épreuve de temps de réaction de choix à quatre éventualités (TR4). Le dispositif expérimental est constitué d'un micro-ordinateur auquel sont reliées deux poignées inclinables. Ces poignées sont fixées sur le guidon du cycloergomètre et sont réglables pour s'adapter à la morphologie du sujet. La tâche consiste à répondre à l'apparition d'un signal sur l'écran. Quatre carrés vides sont alignés sur l'écran, le sujet répond lorsqu'un de ces carrés devient rouge. Le sujet répond aux deux signaux de droite et de gauche respectivement par l'inclinaison de la poignée droite ou gauche vers la droite ou la gauche. La période préparatoire, de durée fixe (1500 msec), n'est précédée d'aucun signal préparatoire ;

elle débute lors de la réponse précédente du sujet. Les temps de réponses sont enregistrés en continu, les erreurs sont également relevées.

### *Protocole*

Toutes les épreuves se déroulent au Laboratoire d'explorations fonctionnelles de l'INSEP. Chaque sujet réalise deux épreuves dans une période d'une semaine. La première est toujours une épreuve triangulaire qui permet la mesure de VO<sub>2</sub> max, de la fréquence cardiaque maximale (FC max) et de la puissance maximale atteinte en fin de test (P max), selon le protocole décrit par Patton, Vogel et Mello (1982). La seconde épreuve se compose de quatre paliers rectangulaires sous-maximaux d'une durée de 6 minutes et dont les intensités sont respectivement de 20, 40, 60, 80 % de P max. Pour chaque palier, la vitesse de pédalage est fixée en fonction des valeurs optimales de fréquences définies pour chaque puissance de travail et pour chaque niveau de condition physique des sujets {entre 50 et 70 t.min<sup>-1</sup>; Gregor, Broker et Ryan, 1991; Coast et Welch, 1986). Durant le palier, la fréquence de pédalage est enregistrée avant et pendant la tâche de temps de réaction. Au cours de toute l'épreuve, la fréquence cardiaque est relevée en continu, sa stabilité permet de fixer le début du test cognitif {environ 3 minutes). Chaque palier est séparé d'une période de récupération, dont la durée minimale de 4 minutes dépend du retour de la fréquence cardiaque à sa valeur initiale. Durant la première minute de la récupération, un prélèvement sanguin est réalisé permettant de mesurer la lactatémie et d'évaluer le niveau d'intervention du métabolisme anaérobie. Durant l'effort, la tâche cognitive est présentée à 30 reprises. En ce qui concerne la tâche de temps de réaction de choix, les erreurs comprennent les réponses anticipées { < 160 msec) et erronées. Pour les deux épreuves, la consigne est présentée de façon standardisée.

	ÂGE année	POIDS kg	VO <sub>2</sub> MAX ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup>	P <sub>MAX</sub> watt	FC <sub>MAX</sub> bt.min <sup>-1</sup>
Groupe 1	18,1 +/- 0,9	67,1 +/-1,8	60,9 +/-5,5	392 +/-48	187,8 +/-10,6
Groupe 2	28 +/-2	72 +/-3,4	40,9 +/- 1,5	270 +/-34	188 +/-7,2
Groupe 1 vs Groupe 2	***	NS	***	***	NS

**Tableau 1** -Caractéristiques des sujets. Les différences sont significatives pour \*\*\*P < .0005.

### *Analyse des données*

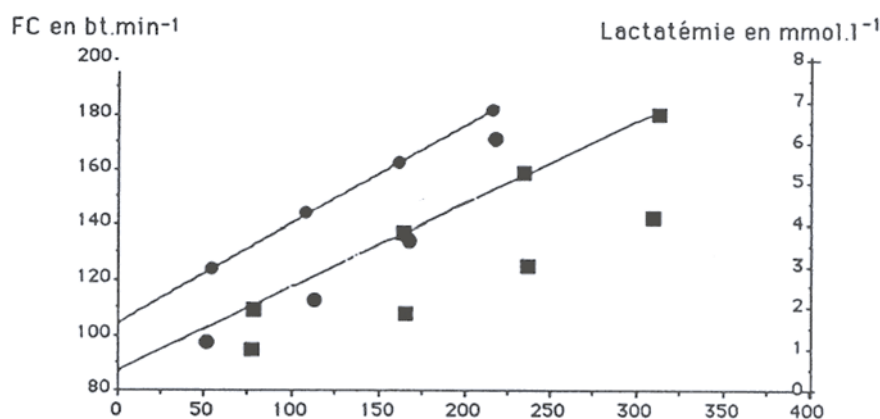
Les moyennes et les écarts types ont été calculés pour toutes les variables. La comparaison de la variance entre les populations et les niveaux d'effort est effectuée à l'aide des tests de Fischer-Snedecor et de Student.

## **Résultats**

### *Évolution des paramètres physiologiques*

Lorsque les paliers d'efforts sont exprimés en puissance absolue, à toutes les puissances de travail, les valeurs de fréquence cardiaque et la lactatémie sont supérieures chez les sujets sans condition physique (figure 1). Lorsque l'intensité est exprimée en valeur relative, les fréquences cardiaques sont plus basses chez les sujets en condition physique uniquement lors

des deux premiers paliers de 20 et 40 % de p max. Pour les deux derniers paliers de 60 et 80 % de P max, les valeurs de fréquences cardiaques ne sont pas différentes entre les deux groupes. En revanche, l'évolution des valeurs de coût énergétique (énergie dépensée par unité de temps, en ml.kg-1.watt-1) et de lactatémie (en mmol.l-1) calculées lors de la deuxième épreuve différencie les deux groupes. Le groupe en condition physique présente des valeurs de coût énergétique stables pour des intensités relatives comprises entre 40 et 80 % de p max. À l'inverse, à partir de 60 % de p max, on observe une nette détérioration des valeurs de coût énergétique ( $P < 0,05$ ) chez les sujets sans condition physique. De même, dans ce groupe, la lactatémie est significativement plus importante à partir de 60 % de P max ( $P < 0,05$ , tableau 2).



**Figure 1** -Évolution de la fréquence cardiaque (avec lignes) et de la lactatémie (sans lignes) en fonction de la puissance absolue d'effort. Carrés : condition physique, ronds : sans condition physique.

Coût énergétique	Puissance relative de travail (% de P max)			
	20%	40%	60%	80%
Groupes				
Condition Physique	0,28	0,17**	0,16	0,16
Sans Condition Physique	0,26	0,26	0,16**	0,14*

Lactatémie	Puissance relative de travail (% de P max)			
	20%	40%	60%	80%
Groupes				
Condition Physique	0,8 +/- 0,1	1,4 +/- 0,2	3,1 +/- 0,4	4,5 +/- 0,2
Sans Condition Physique	1,2 +/- 0,2	2,2 +/- 0,6	4,6 +/- 1,2*	7,6 +/- 1,6**

**Tableau 2** -Évolution des valeurs de coût énergétique et de lactatémie calculées aux différents niveaux d'effort. Les différences de coût énergétique (en ml.kg<sup>-1</sup>.watt<sup>-1</sup> par rapport à l'intensité précédente et de lactatémie (en mmol.l<sup>-1</sup>) entre les deux groupes sont significatives pour: . $P < 0,05$ ; .. $P < 0,25$ .

### Évolution du temps de réaction

Les valeurs des temps de réaction relevées au repos et pour chaque niveau d'effort sont présentées dans le tableau 3. Au repos, les valeurs de temps de réaction ne différencient pas significativement les groupes avec et sans condition physique. Lors de l'exercice, les performances en TR4, comparées à celles relevées au repos, ne varient pas lors des deux premiers paliers. Entre 40 et 60 % de P max, la performance s'améliore de façon, identique dans les deux groupes. A partir de ce niveau d'intensité, alors que cette évolution se stabilise chez les sujets sans condition physique, on observe une nouvelle amélioration à 80 % de P max chez les sujets en condition physique (figure 2). Lorsque les intensités sont exprimées en valeur absolue, le début de l'amélioration de la performance cognitive correspond à des intensités différentes pour les groupes avec et sans condition physique (respectivement 162 watts et 252 watts). De plus, on observe une différence significative entre les groupes pour les intensités de 156 et 162 watts ( $P < 0,05$ ) (figure 3). Pour tous les groupes, aucune augmentation significative du taux d'erreurs n'est observée avec l'élévation du niveau d'effort (tableau 3).

TR4 (msec)	Niveaux d'effort (% de P max)				
	Repos	20	40	60	80
Condition physique	195,2 +/- 8,6	209,1 +/- 4,2*	214 +/- 12,1	214,7 +/- 9	210 +/- 8,1
Sans condition physique	215,6 +/- 17,4	242,6 +/- 12**	231,1 +/- 8,4	232 +/- 10,2	230,6 +/- 14

Pourcentage d'erreurs	Niveaux d'effort (% de P max)				
	0	20	40	60	80
Condition physique	2,5 +/- 1	7,5 +/- 1,5**	7 +/- 1,5	6,5 +/- 0,5	5,5 +/- 2
Sans condition physique	3,5 +/- 0,5	6,5 +/- 1**	7 +/- 0,5	8 +/- 1,5	6,5 +/- 1,5

**Tableau 3** -Variation de la performance en temps de réaction de choix à quatre éventualités (TR4) en fonction du niveau d'effort. Les valeurs à un niveau d'intensité présentent des différences significatives avec le niveau d'effort précédent pour: . $P < 0,05$  ; .. $P < 0,025$ .

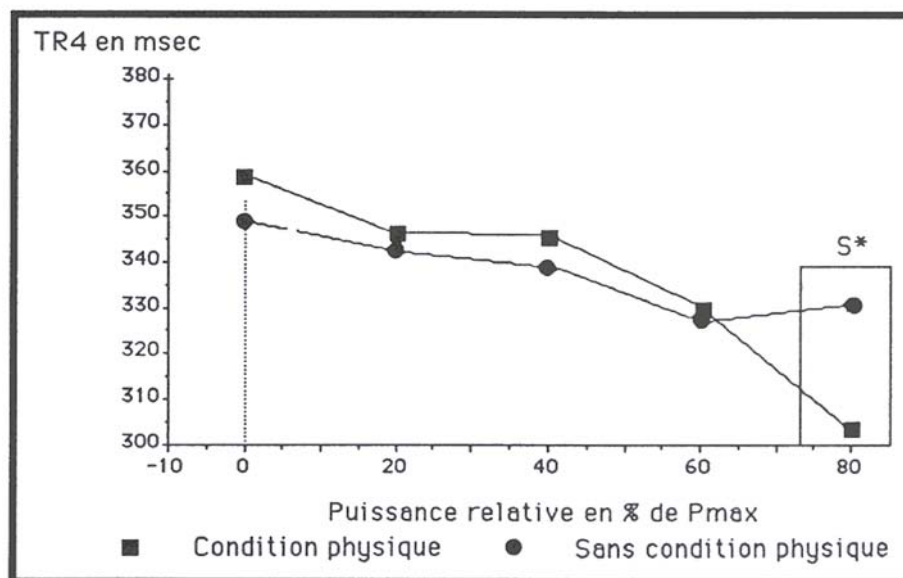
### Discussion

L'évolution des performances qui se caractérise par une amélioration du temps de réaction de choix avec l'élévation de l'intensité de l'effort est identique à celle observée par Pass et Adams (1991), par Durand, Bourrier et Legros (1992), et par Legros, Delignières *et coll.* (1992). Néanmoins, selon le niveau de condition physique des sujets, on peut observer une évolution différente des processus physiologiques sollicités et de la performance cognitive.

### Évolution des processus physiologiques

L'hypothèse d'un effet de l'activation, induite par l'exercice, sur la performance cognitive a fréquemment été mise en rapport avec l'évolution des indices physiologiques de l'exercice par la détermination d'un optimum de performance pour des valeurs de fréquences cardiaques

com- prises entre 110 et 130 bat.min-1 (Sjoberg, 1968; Salmela et Ndoye 1986). L'absence de cet optimum dans notre recherche peut être expliquée par la nature du protocole expérimental. En effet, on peut remarquer que, dans les études qui observent une relation en U entre l'intensité de l'exercice et la performance mentale, la puissance de travail est augmentée par une action unique sur la force de freinage appliquée sur le cycloergomètre. Le type de fatigue issu de ce travail présente un caractère local qui peut être comparé à celui des épreuves utilisant des exercices de tension musculaire (Stauffacher, 1937). Dans ce cadre, la sollicitation cardiovasculaire est peu importante et se traduit, au niveau de l'optimum de performance, par des valeurs de fréquence cardiaque peu élevées et qui correspondraient, dans notre groupe expérimental, à des intensités d'effort situées entre 20 et 40 % de VO<sub>2</sub> max. Dans notre étude, l'augmentation de la puissance réalisée par une incrémentation conjointe de la résistance et des fréquences de pédalage permet une sollicitation globale des processus physio]ogiques. L'observation d'un effet en U inversé, lié à l'apparition de la fatigue, ne peut alors s'observer que pour des intensités d'exercice qui sollicitent un haut niveau de dépense énergétique et qui correspondent à l'impossibilité de main- tenir la puissance de l'exercice.



**Figure 2** -Évolution du temps de réaction de choix à quatre éventualités (TR4) en fonction de l'intensité relative. Les différences entre les deux groupes sont significatives pour  $P < 0,05$ .

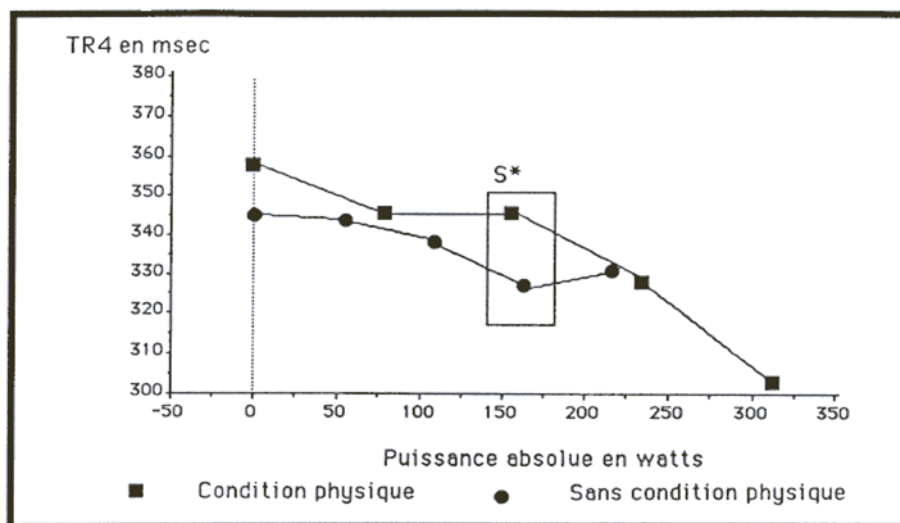
Aussi, la détermination du protocole doit-elle permettre l'identification d'indices valides Qui caractérisent, pour chaque sujet, la nature des processus physiologiques sollicités lors de l'effort. En effet, Martens ( 1976) note qu'une des difficultés principales dans l'étude des effets de l'activation sur la performance est la détermination d'indices physiologiques valides pour identifier des niveaux d'activation. Dans ce cadre, l'auteur suppose une relation linéaire entre exercice et activation. Cette relation ne peut être observée que s'il existe un rapport direct et identique pour tous les sujets entre les indices du niveau de sollicitation physiologique et ceux du niveau d'activation.

L'analyse de l'évolution des paramètres physiologiques avec l'intensité de l'exercice montre que les indices relevés (fréquence cardiaque, lactatémie, coût énergétique,e) évoluent de façon différenciée. A partir de 60 % de p max, dans le groupe sans condition physique, on relève une élévation importante de la lactatémie liée à une diminution du coût énergétique qui peut

correspondre à l'intervention du métabolisme anaérobie (Rieu, Miladi et Duvallet, 1989). Ainsi dans notre population, selon la condition physique des sujets, et, pour une même puissance relative de travail, l'exercice sollicite dans des proportions diverses les métabolismes aérobie et anaérobie. Ce résultat est, par ailleurs, accentué lorsque les paliers d'effort sont exprimés en puissance absolue (figure 1). L'hypothèse d'un effet du niveau d'activation induit par l'exercice sur l'évolution de la performance cognitive ne peut donc être testée que pour un même niveau de sollicitation des processus physiologiques. Il est nécessaire de déterminer des niveaux d'effort exprimés en intensité relative, sur la base d'un pré-test qui permet de déterminer, pour chaque sujet, les caractéristiques maximales des processus physiologiques sollicités lors de la tâche physique.

### *Évolution de la performance cognitive en fonction de l'intensité de l'effort*

En ce qui concerne la tâche de temps de réaction de choix, la performance s'améliore dans les deux populations à partir de 40 % de p max. Néanmoins, dans la population sans condition physique, cette amélioration se stabilise lors du dernier palier alors qu'elle s'accroît chez les sujets en condition physique. Cet effet peut être rapporté à des niveaux de sollicitations des processus physiologiques différents dans les deux groupes. D'autre part, lorsque l'intensité est exprimée en valeur absolue, on observe une évolution significativement différenciée entre les deux groupes. En effet, pour une puissance de travail comprise entre 150 et 160 watts, la performance s'améliore significativement dans le groupe sans condition physique alors qu'elle ne varie pas chez les sujets en condition physique (figure 3).



**Figure 3-** Évolution du temps de réaction de choix à quatre éventualités (TR4) en fonction de la puissance absolue de travail. Les différences entre les deux groupes sont significatives pour  $P < 0,05$ .

Dans notre étude, l'amélioration de la performance ne s'observe qu'à partir d'une intensité de 40 % de P max et ne coïncide à aucune variation des indices physiologiques relevés. Dans ce cadre, l'hypothèse sous-jacente qui est celle d'un effet de l'activation sur la performance cognitive ne peut être étudiée que si elle est mise en rapport avec d'autres indices physiologiques. Parmi ceux-ci, l'élévation des catécholamines circulants semble pouvoir être reliée avec l'évolution de la performance cognitive. Les sujets qui présentent les taux de catécholamines circulants les plus élevés réalisent les meilleures performances cognitives

(Hatfield et Landers, 1987; Dienstbier, 1991). Selon Dienstbier (1991), reexpertise des sujets dans une tâche cognitive spécifique modifie d'une part la réponse adrénér-gique et, d'autre part, la sensibilité de l'organisme à ces hormones. Celle-ci semble s'améliorer par entraînement dans des situations qui présentent un sens et un challenge pour le sujet. Les sujets experts se caractérisent par des taux de base moindres et par un pic de réponse plus important. De nombreux auteurs ont montré un effet similaire d'amélioration de la sensibilité aux catécholamines avec l'entraînement physique (Péronnet, Cléroux *et coll.*, 1981 ; Galbo, 1992 ; Kjaer et Galbo, 1988; Pesquiès et Guézennec, 1988). La réponse des catécholamines est donc liée conjointement à la condition physique des sujets et à l'expertise des sujets dans la tâche. À ce sujet, nous pouvons émettre l'hypothèse d'une influence différenciée de l'augmentation des taux de catécholamines, lors de l'effort, sur la performance cognitive. Cette hypothèse demanderait une validation ultérieure car, dans notre étude, nous n'avons pas relevé de paramètres hormonaux. Néanmoins, l'évolution des catécholamines avec l'exercice est classiquement étudiée. Pour un effort triangulaire sur ergomètre, Pluto, Cruze *et coli.* (1988), ont montré que les taux circulants augmentent significativement avec l'intensité de l'exercice à partir du seuil ventilatoire. Cette élévation correspond chez nos sujets à une intensité d'effort de 40 % de P max ainsi qu'à l'amélioration des performances cognitives.

### Conclusion

Les recherches qui analysent l'effet de différents niveaux de sollicitation des processus physiologiques sur les processus cognitifs nécessitent, en premier lieu, la détermination d'une méthodologie standardisée. En effet, les résultats enregistrés lors de ce travail montrent que, lorsqu'elles sont envisagées isolément du niveau d'effort relatif, du niveau de condition physique du sujet ou encore des caractéristiques de la tâche cognitive, on observe une diversité des réponses identique à celle relevée dans la littérature. Selon les cas, les performances s'améliorent ou ne varient pas. Seule la détermination exacte de la nature des tâches physiques et cognitives, ainsi que la catégorisation des sujets en fonction de critères pertinents permet une interprétation des résultats. D'autre part, la performance enregistrée n'est que le reflet macroscopique de diverses influences sur les processus cognitifs. Aussi aucune hypothèse explicative ne permet-elle une interprétation satisfaisante des performances. Néanmoins, dans notre cadre expérimental, deux points sont à souligner :

-l'impossibilité d'établir un lien direct entre les indices physiologiques relevés, l'activation et l'évolution de la performance cognitive.

-la différence de performance en temps de réaction de choix relevée entre les groupes avec et sans condition physique lorsque l'intensité de travail est exprimée en valeur absolue.

Dans ce dernier cas, il semble difficile de comparer les performances cognitives des sujets. En effet, pour une même intensité absolue de travail, la sollicitation des processus physiologiques est différente dans les deux groupes. Il est donc nécessaire à la fois de différencier les groupes selon leurs niveaux de condition physique et de déterminer des paliers d'efforts qui représentent, pour chaque sujet, la même sollicitation physiologique. Dans ce cadre, avec des conditions aérobies strictes « 80% de P max), on n'observe pas de différence de la performance cognitive en temps de réaction de choix entre les deux groupes. Par contre, à partir de 80 % de P max, l'évolution des performances se différencie. La maîtrise du niveau de sollicitation physiologique lors de l'effort semble donc particulièrement importante pour les temps de réaction de choix. D'autre part, pour ce type de tâches cognitives, l'hypothèse d'un effet de l'activation médié par l'élévation du taux de catécholamines nécessiterait l'observation

de l'évolution de la performance cognitive à la suite d'un entraînement spécifique à ces situations de double tâche et la mesure systématique de l'évolution des paramètres hormonaux.

### Bibliographie

ANDREASI JL (1965) Effects of induced muscle tension and auditory stimulation on tachoscopic performance. *Perceptual and Motor Skills* 20 : 829-841 .

BARD C, FLEURY M (1978) Influence of imposed metabolic fatigue on visual capacity components. *Perceptual and Motor Skills* 47 : 1283-1287.

BILLS AG, STAUFFACHER JC (1937) The influence of voluntary induced tension on rational problem solving. *Journal of Psychology* 4 : 261-271.

CRAFT DH (1983) Effect of prior exercise on cognitive performance task by hyperactive and normal young boys. *Perceptual and Motor Skills* 56 : 979-982.

COAST JR, WELCH HG (1986) Optimal pedalling rate in prolonged bouts of cycle ergometry. *Medicine Science Sports Exercise* 18(2) : 225-230.

DAVEY CP (1973) Physical exertion and mental performance. *Ergonomics* 16: 595-599.

DELIGNIÈRES D, BRISSWALTER J, LEGROS P (1993) Influence d'une tâche de pédalage ajoutée sur le temps de réaction simple et de choix. Actes des Ve Journées Internationales d'Automne de l'ACAPS, octobre, Caen.

DIENSTBIER RA (1991) Behavioral correlates of sympathoadrenal reactivity : the toughness model. *Medicine Science Sports Exercise* 23: 846-852.

DUFFY E (1962) Activation. *In: Handbook of psychophysiology*. New-York: Holt.

DURAND M, BOURRIER J, LEGROS P (1991) Effet de différentes intensités d'effort physique sur les comportements de spécialistes ou non de sports collectifs dans des tâches de temps de réaction. Actes du colloque de Psychologie du Sport, Montpellier.

EDWARDS RHT (1981) Human muscle function and fatigue. Pitman Medical Ciba Foundation Symposium, London: 1-18.

FLEURY M, BARD C, CARRIERE L (1981) Effects of physical or perceptual work loads on a coincidence / anticipation task. *Perceptual and Motor Skills* 53 : 843-850.

FLEURY M, BARD C (1987) Effects of different types of physical activity on the performance of perceptual tasks in peripheral and central vision and coincident timing. *Ergonomics* 30 : 945-958.

FLYNN RB (1972) Numerical performance as a function of prior exercise and aerobic capacity for elementary school boys. *Research Quarterly* 43: 16-22.

GALBO H (1992) Exercise physiology: humoral function. *Sport Science Review* 1 : 65-93.

GREGOR RJ, BROKER JP, RYAN MM (1991) Biomechanics of cycling. *Exercise and Sport Science Review, J. Ho/Ioszy* 19: 127-169.

GUTIN B, DI GENNARO J (1968a) Effect of one minute and five minute steps-up on performance of simple addition. *Research Quarterly* 29: 81-85.

GUTIN B, DI GENNARO J (1968b) Effect of a treadmill run to exhaustion on performance of long addition. *Research Quarterly* 39: 958-964.

- HATFIELD BD, LANDERS D (1987) Psychophysiology in exercise and sport *research* : an overview. *Exercise and Sport Sciences Review* 15:351-388.
- JONES G, HARDY L (1989) Stress and cognitive function. *Journal of Sports Medicine* 7 : 41-63.
- KJAER M, GALBO H (1988) Effect of physical training on the capacity to secrete epinephrine. *Journal of Applied Physiology* 64 (1) : 11-16.
- LACOUR JR, FOURCADE J, VIGNEAUD G, PEYRIN L (1988) Influence de l'exercice submaximal prolongé sur les performances mentales. *Science et Motricité* 4 : 23-25.
- LEGROS P, DELIGNIÈRES D, DURAND M, BRISSWALTER J (1992) Influence de l'effort physique sur le temps de réaction simple et de choix chez des basketteurs de haut niveau. *Science et Sports* 7: 9-14.
- LEVITT S, GUTIN B (1971) Multiple choice reaction time and movement time during physical exertion. *Research Quarterly* 42 : 405-410.
- MARTENS R (1974) Arousal and motor performance. *Exercise and Sport Sciences Review* 2 : 135-185.
- McGLYNN GH, LAUGHLIN NT, ROWE V (1979) The effect of increasing levels of exercise on mental performance. *Ergonomics* 22:407-414.
- McGLYNN GH, LAUGHLIN NT, BENDER, V (1977) Effect of strenuous to exhaustive exercise on a discrimination task. *Perceptual and Motor Skills* 44: 1139-1147.
- PASS FGW, ADAMS JJ (1991) Human information processing during physical exercise. *Ergonomics* 34: 1385-1397.
- PATTON JF, VOGEL JA, MELLO RP (1982) Evaluation of a maximal predictive cycle ergometer test of aerobic power. *European Journal of Applied Physiology* 49: 131-140.
- PÉRONNET F, CLÉROUX J, PERRAULT H, COUSINEAU D, PROVENCHER PJ (1985) Effects of muscle CHO loading manipulations on hormonal response during prolonged exercise. *International Journal of Sports Medicine* 6 : 95-99.
- PESQUIÈS P, GUÉZENNEC y (1988) Commande hormonale du métabolisme énergétique. In: Bioénergétique de l'exercice musculaire. Paris: PUF: 271-288.
- PLUTO A, CAUZE SA, WEIS M, HOTZ T, MANDEL Po WEICKEA H (1988) Cardiocirculatory, hormonal and metabolic reactions to various form of ergometric tests. *International Journal of Sports Medicine* 9 : 79-88.
- RIEU M, MILADI J, DUVALLET A (1989) Le coût énergétique de la course à pied. Congrès de Médecine du Sport. Paris: Expansion Scientifique.
- SALMELA JH, NDOYE O (1986) Cognitive distortions during progressive exercise. *Perceptual and Motor Skill* 63 : 1067 -1072.
- SJOBERG H (1968) Relation between different arousal levels induced by graded physical work and psychological state. *Rep. Psychological Lab.. University Stockolm* : 251.
- STAUFFACHER JC (1937) The effect of induced muscular tension upon various phase of learning process. *Journal of Experimental Psychology* 2 : 26-46.
- TOMPOROWSKI PD, ELLIS NR (1986) Effects of exercise on cognitive process : a review. *Psychological Bulletin* 3 : 338-346.