

APPROCHE MULTIDIMENSIONNELLE DE LA DIFFICULTÉ OBJECTIVE DANS UNE TÂCHE D'ANTICIPATION COÏNCIDENCE

MULTIDIMENSIONAL APPROACH OF OBJECTIVE DIFFICULTY IN AN AIMING TASK

Genty,J. (*); Deneuve,P. (**); Famose,J-P. (***) y Pichard,J.F. (****)

- (*) Centre d'études des Transformations des Activités Physiques et Sportives. Faculté des sciences du sport. Cédex. (Francia).
- (**) Centre d'études des Transformations des Activités Physiques et Sportives. Institut Universitaire de Formation des Maîtres. Cédex. (Francia).
- (***) Centre d'études en Psychologie des Activités Physiques et Sportives. Division STAPS. Université Paris. (Francia).
- (****) Laboratoire d'Analyse et Modèles Stochastiques. Université de Rouen. (Francia).

RÉSUMÉ

Cet article a pour objet de proposer une nouvelle procédure pour classer les tâches motrices à caractère informationnel à partir d'une approche multidimensionnelle de la difficulté. L'expérimentation a consisté à faire passer des tests de pointage à 345 sujets sur cibles mobiles créées et gérées par ordinateur. Les paramètres des cibles ont été choisis pour leur indépendance et la possibilité de les positionner sur des échelles numériques. Trois descripteurs ont été retenus : la vitesse de déplacement, la surface de la cible et l'incertitude spatiale. La performance ne semblant pas être la seule variable dépendante résumant la difficulté, il lui a été adjoint trois autres variables : les tentatives, le temps de réaction et le temps moteur. En utilisant des outils statistiques permettant des analyses de données multidimensionnelles (CAH, AFC), il a été possible soit d'agréger des tâches aux profils identiques soit de les différencier en fonction du poids de chaque descripteur sur les variables dépendantes. Surtout, il est envisageable de préciser l'apport de chaque variable dans la définition de la difficulté que se donne a posteriori le chercheur.

Mots clés : Difficulté, traitement de l'information, tâche motrice, classification, analyse de données.

ABSTRACT

This article deals with a new method to classify informational motor tasks, through a multidimensional approach of difficulty. The following experiment is used: 345 subjects are asked to point at computer-managed mobile targets. The 3 selected target parameters are: velocity, area and spatial uncertainty. Independence and numerical scalability are the reasons for this choice. As performance does not sum up difficulty, other dependent variables have been added: number of attempts, reaction time and motor time. The use of state-of-the-art multidimensional data analysis (HAC, CFA) makes it possible either to aggregate tasks with identical profile, or to differentiate them according to each descriptor's weight on dependent variables. Above all, the study specifies the contribution of each variable in the a posteriori definition of the difficulty by the researcher.

Key words: Difficulty, data processing, motor task, classification, data analysis.

1. INTRODUCTION

La manipulation de la difficulté d'une tâche motrice pour améliorer l'apprentissage ou augmenter la motivation semble être une technique couramment utilisée par les praticiens. Dans la littérature pédagogique la difficulté apparaît comme un concept clé sous la forme de sa modulation. Le paradigme, en ce domaine, veut que sa maîtrise engendre des tâches adaptées aux ressources des apprenants et facilite grandement leur apprentissage (Famose, Durand, Bertsch, 1985). Ce souci n'est pas nouveau (Amoros, 1815; Rendu, 1880; Demeny, 1903; Hébert, 1941; Arnaud, 1986), mais il faut attendre les travaux en ergonomie des chercheurs nord-américains pour voir apparaître un champ scientifique suffisamment construit pour préciser les différentes formes que peut prendre la difficulté. Famose et ses collaborateurs (1983) proposent les premiers outils pour l'évaluer dans une tâche motrice. A partir de sa structure ils avancent des principes pour la manipuler dans un processus d'enseignement (Famose 1985, 1987). Un de ceux-ci veut que la difficulté objective ou réelle s'appréhende seulement sur le versant architectural de la tâche. C'est une caractéristique absolue dans le sens où elle est indépendante de l'activité du sujet. Cette difficulté doit pouvoir être appréhendée et mesurée en ne faisant référence qu'à une modélisation des tâches et à une analyse des contraintes. Cela suppose un contrôle précis des tâches pour isoler les facteurs pertinents et la création d'échelles appropriées au modèle. Cet article a pour objet, dans le prolongement d'expérimentations déjà effectuées sur les descripteurs de tâches (Famose, Genty, Pichard, Durand, 1991) de proposer une nouvelle procédure pour classer les tâches motrices à caractère informationnel à partir d'une approche multidimensionnelle de la difficulté. Pour aboutir, nous avons créé un outil informatisé original qui permet à la fois une gestion précise de chaque source de difficulté élémentaire (liée aux descripteurs des tâches) et d'enregistrer des variations dans les comportements des sujets en relation avec les modifications de ces difficultés élémentaires. Cet outil se concrétise par la création de cibles se déplaçant sur un écran d'ordinateur selon des paramètres spatio-temporels parfaitement définis. Afin d'obtenir une indépendance entre ces variables, nous avons décidé de nous en tenir à trois variables. La première, l'incertitude spatiale (IS) traduit la nature de déplacement de la cible et permet au sujet de pouvoir anticiper sur la position future de la cible dans le plan. La deuxième, la vitesse de déplacement de la cible (V), est le vecteur de la pression temporelle, bien connu dans de nombreuses activités sportives. Enfin, le troisième est la taille (T) de la cible, variable influençant directement la précision gestuelle.

2. CADRE THÉORIQUE

Ce souci de construire un corps de connaissances suffisamment fiable et précis s'est souvent opérationnalisé dans des classifications qui se donnaient comme objectif de dissocier les facteurs de la difficulté, ce qui n'est pas sans poser des problèmes de taxonomie (Fleishman et Quaintance, 1984). Classiquement les options se font selon deux optiques, qualitative ou quantitative. Dans le premier cas, elles se réduisent à donner des informations de type nominale sans discerner le degré de difficulté entre les tâches (Poulton, 1957; Knapp, 1971; Gentile, 1972; Parlebas, 1981). Dans l'autre option, l'analyse se présente sous forme d'énoncés gradués des éléments de la tâche. En général des échelles ordinales sont utilisées pour décrire ces variables et ainsi discriminer les tâches (Higgins, 1977; Billing, 1980; Landers et Boutcher, 1986; Famose, 1990) Cependant, elles ne sont pas à l'abri de la critique dans la mesure où pour la plupart d'entre elles :

- la définition des échelons demeure empirique et se situe sur une échelle ordinale, ce qui est insuffisant pour utiliser des outils statistiques puissants;
- la définition de la difficulté pour certaines variables est donnée (exemple, le nombre d'actions musculaires pour réaliser l'habileté ou la durée des stimuli) mais pour d'autres dominant le flou le plus complet et l'impossibilité totale de les préciser (exemple, la clarté des stimuli corrects parmi les stimuli conflictuels);
- le mode de calcul de la complexité globale de la tâche repose sur le principe que le poids de chaque variable est identique aux autres. Or la preuve est faite qu'il n'en est rien (Famose, Genty, Pichard, Durand, 1991).

Ces modèles s'avèrent donc limités dans leur généralité ou difficilement exploitables statistiquement. Une autre façon d'approcher le problème consiste à utiliser les principes de la théorie de l'information. Le paradigme de base veut que plus l'individu doit traiter de l'information plus la tâche est difficile (Schmidt, 1993). Une approche quantitative de la difficulté pourrait être élaborée à partir de la mesure de l'information que le sujet doit traiter pour répondre aux exigences des tâches. Le modèle qui en résulte est constitué de trois stades qui se succèdent sans recouvrement temporel (stade perceptif, stade décisionnel, stade moteur). La difficulté dans de semblables tâches est en relation avec la manipulation des variables qui affectent les stades de traitement de l'information.

Rappelons qu'une information dans ce cas est associée à la désignation d'un ou plusieurs événements possibles parmi un ensemble fini d'événements. Bien entendu l'importance de l'information fournie par les facteurs de la tâche augmente d'autant plus qu'augmente l'incertitude due au nombre ou à la qualité de ces facteurs. L'entropie est la mesure de cette incertitude. Elle correspond à la quantité d'information fournie par la tâche. Plus nous en savons sur la tâche, moins nous avons de doute, moins il y a d'entropie.

Fonctionnant sur la logique de Billing, Hayes et Marteniuk (1976) proposent un modèle qui a la particularité de se prêter à une quantification des informations et ainsi de discriminer la difficulté selon une procédure mathématique. En revanche, il réclame la mise en oeuvre de tâches simples. Nous le savons dans la théorie de l'information, une information est associée à un événement parmi un ensemble d'événements possibles. Soit N le nombre d'événements possibles et n le sous-ensemble fixé. Par définition l'équation (I) donnant la quantité d'information s'écrit : $I = k \log (N/n)$ où k est une constante qui dépend du choix de l'unité. En prenant pour unité de quantité d'information celle qui réduit l'incertitude de moitié ($n = N/2$), on obtient : $k = 1/\log 2$. En utilisant des logarithmes à base 2, nous obtenons une formule simplifiée : $I = \log_2 (N/n)$. Le résultat exprime la quantité d'information contenue dans un sous-ensemble particulier de l'ensemble des possibles. C'est une mesure a posteriori. Pour Hayes et Marteniuk, la variable la plus intéressante pour analyser cette notion de quantité d'information est le temps nécessaire à son traitement par l'individu. Ils proposent donc d'étudier le temps de réaction (T.R.) et le temps de mouvement (T.M.). Ces facteurs avaient déjà été repérés par Hick (1952) pour le TR après avoir découvert que la relation entre le T.R. de choix et le logarithme du nombre de possibilités S-R était linéaire (appelé loi de Hick) et par Fitts (1954) qui avec son indice de difficulté ($ID = \log_2 (2A/W)$) montrait que le temps de mouvement était dépendant à la fois de l'amplitude du geste et de sa précision.

L'approche chronométrique constitue donc un cadre conceptuel riche (Temprado, 1994) dans la mesure où elle permet d'identifier la difficulté de la tâche suivant des principes simples. Son intérêt repose sur deux postulats :

- le premier est celui selon lequel l'acteur sportif peut être considéré comme un système de traitement de l'information qui comprend plusieurs stades composés par un certain nombre d'opérations cognitives ;

- le deuxième est que chaque opération requiert du temps pour transformer l'information qui lui est transmise. Le temps de réaction peut ainsi être considéré comme un indice représentatif de la difficulté de traitement requis pour réaliser la tâche et donc un indicateur fiable pour estimer la difficulté. Lorsque la difficulté de la tâche s'élève, le temps requis pour produire la réponse augmente. Le temps de mouvement dans le même esprit, sera d'autant plus long qu'il fait appel à une organisation fine de la motricité.

Cependant, il est possible d'envisager des limites théoriques à cette modélisation. Le système de description informationnelle des tâches repose sur les postulats du modèle de traitement sériel. Or des chercheurs prétendent que le traitement de l'information peut se dérouler de façon continue ou parallèle (Mc Clelland, 1979 ; Miller, 1988 ; Sanders, 1990). La logique additive de manipulation des caractéristiques qui constituent la difficulté de la tâche est remise en cause. En effet si le traitement de l'information s'effectue de façon continue, il n'est pas certain que l'on observe un allongement significatif de la durée totale du traitement. Par exemple, on peut envisager qu'une augmentation de la difficulté perceptive ne produise pas d'allongement du temps de traitement total puisque le temps consacré à l'identification permet de réduire la durée des opérations qui se déroulent sur le versant moteur.

De plus, les classifications qui en découlent sont elles-mêmes sujettes à caution. Des insuffisances peuvent être pointer :

La première concerne le choix des repères qui vont présider à l'élaboration du modèle. D'une manière générale l'absence d'une origine précise ne permet pas de comparer deux échelles de difficulté établies pour des séries de tâches différentes (Delignières, Famose, Genty, 1994). Elle ne permet pas une mesure absolue de la difficulté, mais une mesure relative d'une série de tâches. En revanche pour les tâches de même nature nous obtenons des valeurs de difficulté qui se positionnent sur une échelle d'intervalle. Statistiquement parlant, cet avantage est indéniable.

La deuxième remarque est inhérente à la structure de la tâche. Quand elle devient relativement complexe, il n'est plus possible de déterminer précisément l'entropie du système. La généralisation à des situations plus proches de la réalité sportive est impossible.

La troisième concerne la définition même de la difficulté dans cette théorie. La difficulté est moins une affaire de quantité d'information que de débit

informationnel. Nous le savons, la pression temporelle joue un rôle considérable dans l'élévation de la difficulté. L'une des spécificités des activités physiques et sportives réside justement dans le temps dont dispose le joueur pour agir. Phillip, Reiche et Kirchner (1971) en ergonomie ont prouvé que la pression temporelle est la principale source de difficulté. Certaines tâches imposent un rythme élevé alors que d'autres sont à allure libre. Cela pose le problème de l'égalité des tâches en terme de quantité d'information alors qu'elles ne sont pas identiques en terme de difficulté (c'est à dire en débit informationnel).

Une autre façon d'aborder le problème consiste à analyser les descripteurs des tâches. Dans une expérimentation antérieure (Famose, Genty, Pichard, Durand, 1991), il avait été prouvé que choisir la manipulation des descripteurs des tâches comme éléments premiers de la difficulté objective pouvait s'avérer judicieux pour déterminer la prédiction d'une performance. En effet ils ont la particularité d'être des variables facilement observables et isolables, de pouvoir être corrélés avec les temps de réaction et de mouvement (utiles en tant que variables dépendantes objectivant la stratégie des sujets) et de permettre des gestuelles se rapprochant de certains gestes balistiques sportifs.

Cependant demeure un problème lié à la variable dépendante. Classiquement, le concept de difficulté n'est défini qu'en terme de scores, de performances. Dans ce cas plus la difficulté croît, plus la performance chute. Mais cette vision se fonde sur un postulat selon lequel toutes ces variables impliquées dans la performance réagissent identiquement. Ceci signifierait que les sujets ont le même comportement, la même stratégie et le même taux de tentatives quelle que soit la tâche. Or les expériences passées prouvent le contraire.

Afin de pondérer cette variable par l'introduction d'autres variables dépendantes, il est possible d'utiliser les TR et les TM, puisque précédemment il a été prouvé tout l'intérêt qui existait à tenir compte de l'approche chronométrique. Enfin, pour éviter un effet de seuil fréquemment présent dans ce type de tâches, il est indispensable de tenir compte du taux de tentatives. La performance n'existe que parce que le sujet a réagi. Quand la pression temporelle devient trop contraignante, le sujet peut ne plus disposer des ressources nécessaires pour répondre.

En résumé, la difficulté est une notion complexe difficilement explicable à partir d'une variable unique. Afin d'aller plus loin nous avons mené une expérimentation pour étudier les interactions entre trois descripteurs de tâche

considérés comme pertinents dans une perspective bio-informationnelle :IS (incertitude spatiale), V (vitesse de déplacement) et T (temps de présentation du stimulus). Ces variables sont indépendantes et peuvent se positionner sur une échelle d'intervalle. Nous y avons associé quatre variables dépendantes du taux de difficulté de chaque descripteur (nombre de cibles touchées, nombre de tentatives, TR et TM).

A partir de cette configuration, puisque ces variables sont toutes dépendantes de la difficulté issue de la manipulation des descripteurs, nous pouvons tenter de classer les tâches selon leurs profils obtenus par les scores de ces quatre variables. Puis nous envisageons d'analyser le poids de chaque descripteur sur chacune d'entre elles.

3. MÉTHODE

Sujets

L'étude se fondant sur des éléments statistiques, il a été fait appel à un grand nombre de sujets, 345 au total. Pour des raisons de recherche ultérieures en psychologie différentielle, trois panels de sujets ont été choisis. Le premier provient d'un collège (scolaires de 3^e), le second d'étudiants en IUFM (centre de formation des enseignants), le dernier d'étudiants en faculté des sciences du sport. Cependant, pour l'expérimentation décrite ici ces différences ne jouent aucun rôle puisque l'étude porte sur des caractéristiques inhérentes à la structure de la tâche.

Dispositif expérimental

Se fondant sur la théorie de l'information, cherchant à garder une gestuelle proche des activités balistiques sportives tout en pouvant maîtriser parfaitement les variables indépendantes et dépendantes, le choix s'est porté sur un jeu de fléchettes virtuel géré par ordinateur. Afin de faire passer un grand nombre de candidats, l'option a été prise de relier les ordinateurs en réseau.

Les sujets sont confrontés à des tâches de pointage sur une cible mobile se déplaçant sur un écran de télévision. Chaque tâche, générée par ordinateur, correspond à un déplacement particulier de la cible. Le dispositif de base est constitué d'un nanoréseau piloté par un ordinateur Micral qui envoie, grâce à un programme créé pour cette occasion (nommé Tâches V.3.1), des tâches aléatoires à des micro-ordinateurs Thomson TO7 ou MO5. Le choix de cette configuration s'impose dans la mesure où seuls les Thomson ont encore des

crayons optiques. Désirant contrôler une gestuelle proche du lancer de fléchettes, nous avons choisi cet appareillage qui donne entièrement satisfaction, puisque le sujet, à l'aide du crayon va frapper la cible se déplaçant sur l'écran. Grâce à ce procédé, l'écran devient sensible au toucher et permet à l'ordinateur d'enregistrer les points de contact et les temps mis pour atteindre la cible.

Toutes ces données sont ensuite transférées au serveur. En utilisant un logiciel original, elles sont transformées en informations utilisables par n'importe quel tableur. Ensuite elles sont traitées statistiquement par le logiciel Statgraphics.

Les tâches

Trois descripteurs ont été retenus : l'incertitude spatio-temporelle (I.S.), la précision temporelle (V) et la précision spatiale (T). Pour chacun d'eux, trois niveaux hiérarchisés de difficulté ont été établis sur une échelle d'intervalle. A noter que la vitesse est liée au temps mis par la cible pour traverser l'écran. Lire 800 équivaut à un déplacement qui dure 8 secondes sur l'écran (vitesse lente). Ces choix engendrent 27 tâches possibles (33). Toutes sont utilisées durant l'expérimentation.

Tableau 1. Hiérarchisation des niveaux de difficulté sur les 3 dimensions manipulées.

Niveau des variables	IS = quantité de déplacements	V. en centième de	T. Surface en pixels
	des sinus α des visibles	seconde	
1°	une sinus α de entière	800	452
2°	une demi sinus α de	400	254
3°	aucune sinus α de	200	116

4. PROCÉDURE

Le protocole se déroule de la manière suivante. Chaque sujet essaie avec le crayon optique de toucher 10 cibles qui lui sont envoyées de manière aléatoire par l'ordinateur central. L'expérience en elle-même dure 5 minutes. S'il est tenu compte des explications fournies par l'ordinateur, des demandes de renseignements à enregistrer et des essais proposés, la durée totale est d'environ 15 minutes. Huit candidats peuvent passer le test en même temps, sans pour autant pouvoir surveiller les écrans environnants.

Il leur est précisé qu'ils ne peuvent frapper la cible à l'aide du crayon qu'à partir d'un bip sonore. Ce signal ne peut se déclencher que si le sujet maintient

sa main sur la barre d'espace. Cette procédure a le mérite d'obliger tous les individus à se positionner de manière identique au départ quelle que soit par ailleurs la trajectoire de la cible. De plus la frappe doit être réalisée dans un laps de temps très court. Il leur est spécifié que le délai qui leur est imparti est inférieur à la seconde.

Une fois que le crayon frappe l'écran, la cible disparaît et l'ordinateur propose une nouvelle tâche. Le sujet ne sait rien sur ses performances.

Enregistrement des données

L'ordinateur enregistre de nombreuses informations. Selon la configuration dans laquelle il travaille, il peut pour chaque sujet noter jusqu'à 121 données. Pour cette expérience, il n'enregistre que les informations concernant les dix cibles, c'est-à-dire leur numéro, les caractéristiques de leurs trois descripteurs (I.S., V., et T.) et les réponses données par les sujets : tentative ou pas, cible touchée ou ratée, le T.R. et le T.M. C'est à partir de l'horloge interne de l'ordinateur que le TR et le TM sont calculés. Le TR correspond au temps écoulé entre l'apparition du signal de frappe et le lâcher de la touche d'espace et le TM s'applique au temps enregistré entre le lâcher et le contact du crayon optique sur l'écran.

5. RÉSULTATS

Au total 2990 tâches ont été effectuées. Le tableau 2. indique les caractéristiques des tâches, le nombre de fois que chaque tâche est sortie de manière aléatoire (nb_cible), le pourcentage de cibles touchées (pr_ct), le pourcentage de cibles non touchées (pr_cnt), le pourcentage de cibles tentées (pr tent), le pourcentage des temps de réaction pour les cibles touchées (pTR_ct) et les cibles tentées et non touchées (pTR_cnt) ainsi que le pourcentage des temps de mouvement pour les cibles touchées (pTM_ct) et tentées et non touchées (pTM_cnt).

6. ANALYSE DES RÉSULTATS

A partir des résultats obtenus, deux axes de réflexion peuvent être entrevus. Le premier devrait permettre de jeter les bases pour une approche plus objective dans la discrimination des tâches et autoriser ainsi l'élaboration de classifications plus pertinentes à partir d'une difficulté multidimensionnelle. Le deuxième aurait comme intérêt d'approfondir l'analyse entre les variables dépendantes au regard des descripteurs des tâches. Il semble en effet souhaitable

d'avoir une approche systématique pour comprendre les interactions nombreuses entre les variables causales et celles qui en subissent les effets.

Tableau 2 Caractéristique des tâches et résultats des performances de tous les sujets.

Num Tach	Taille	Vites	I.S.	nb-cibl	pr-ct	pr-cnt	pr-Tent	pTR-ct	pTR-cnt	pTM-ct	pTM-cnt
1	113	800	0	119	0.55	0.41	0.96	42.6	36.7	54.1	44
2	254	800	0	121	0.68	0.26	0.95	41.6	35.4	52.8	39
3	452	800	0	118	0.71	0.24	0.95	44.5	45.6	50.9	34.8
4	113	800	1	119	0.47	0.46	0.95	43.9	49.5	54.6	46.4
5	254	800	1	96	0.62	0.22	0.85	52.1	57.4	54.5	44.6
6	452	800	1	103	0.73	0.17	0.91	45.6	50.3	54.2	44
7	113	800	2	113	0.34	0.33	0.68	67	59.9	70.8	57
8	254	800	2	131	0.46	0.19	0.66	80	81.6	55.8	49.8
9	452	400	2	102	0.54	0.15	0.7	89.8	70.6	48.1	46.3
10	113	400	0	118	0.33	0.54	0.87	31.7	35.9	42.8	35
11	254	400	0	117	0.66	0.28	0.94	31.4	30.8	41.5	40
12	452	400	0	122	0.67	0.26	0.93	35.4	32	42	33.4
13	113	400	1	112	0.48	0.4	0.88	34.7	30.3	46.9	42.2
14	254	400	1	111	0.6	0.29	0.9	28.3	27	43.8	34
15	452	400	1	121	0.67	0.19	0.86	38.4	31.5	38.6	32
16	113	400	2	95	0.18	0.27	0.46	50	57	51.7	45.3
17	254	400	2	95	0.28	0.17	0.46	38.9	61.3	50	36
18	452	400	2	107	0.45	0.15	0.6	53.1	55.8	48.7	34.4
19	113	200	0	105	0.35	0.46	0.81	29.7	29.5	29.1	28.5
20	254	200	0	116	0.41	0.36	0.77	28.7	29.3	30.2	25.8
21	452	200	0	100	0.51	0.3	0.81	21.9	23.6	29.6	25.6
22	113	200	1	108	0.16	0.48	0.64	25.2	30.4	36.3	24.4
23	254	200	1	103	0.34	0.48	0.82	25.7	29.4	30.6	27.1
24	452	200	1	103	0.35	0.27	0.62	28.4	27.6	34.1	24.9
25	113	200	2	102	0.13	0.2	0.34	33.1	38.4	36.9	30.7
26	254	200	2	123	0.15	0.18	0.34	36.5	41.6	37.1	30.6
27	452	200	2	110	0.28	0.12	0.4	36.1	38.5	33.8	32

Difficulté et classification des tâches

Le modèle idéal voudrait que toutes ces variables donnent le même rangement. Dans ce cas, la classification des tâches, à partir de la performance, serait équivalente à celle des cibles tentées ou à celle du T.R. ou du T.M. Le tableau suivant nous indique qu'il n'en est rien.

Le tableau 3 résume le classement des tâches par ordre de performances décroissantes. Les classements en fonction des T.R. et des T.M. des cibles tentées mais non touchées ont été également ajoutés. Nous aurions pu tenter d'expliquer avec encore plus de précision ce concept de difficulté mais comme dans les deux cas les coefficients de corrélation sont très forts ($r=0.90$ pour les T.R. et $r=0.91$ pour les T.M.) nous estimons que ces discriminations n'apportent rien de plus.

Une classification empirique correspond si nous la comparons au tableau des caractéristiques des tâches à l'augmentation de la vitesse de la cible. Une

première lecture indique que la vitesse joue un rôle dans la définition de la difficulté. Ceci ne fait que confirmer ce que tout sportif sait intuitivement. La pression temporelle est toujours source de difficulté.

Tableau 3. Tableau récapitulatif du classement des tâches.

cibles touchées	cibles tentées	TR ct	TM ct	TR cnt	TM cnt
25	26	21	19	21	22
26	25	22	21	14	24
22	27	23	20	24	21
16	16	14	23	20	20
27	17	24	27	23	23
17	18	20	24	19	19
10	24	19	22	13	26
23	22	11	25	22	25
7	8	10	26	11	15
24	7	25	15	15	27
19	9	13	11	12	12
20	20	12	12	2	14
18	21	27	10	10	18
8	19	26	14	1	3
4	23	15	13	25	10
13	5	17	9	27	17
21	15	2	18	26	2
9	10	1	17	3	11
1	13	4	3	4	13
14	14	3	16	6	6
5	6	6	2	18	1
11	12	16	1	16	5
12	11	5	6	5	16
15	4	18	5	7	9
2	2	7	4	17	4
3	3	8	8	9	8
6	1	9	7	8	7

Cependant les résultats observés ne permettent pas de trouver une relation simple entre toutes ces variables. Il doit être fait appel à des techniques statistiques plus élaborées permettant des analyses de données multidimensionnelles. Dans le cas présent, il s'agit de découper la population des tâches en sous-groupes avec le désir d'agrèger celles qui ont des profils de difficulté les plus proches possibles. Cette segmentation peut se faire à l'aide d'une classification ascendante hiérarchique (C.A.H.)

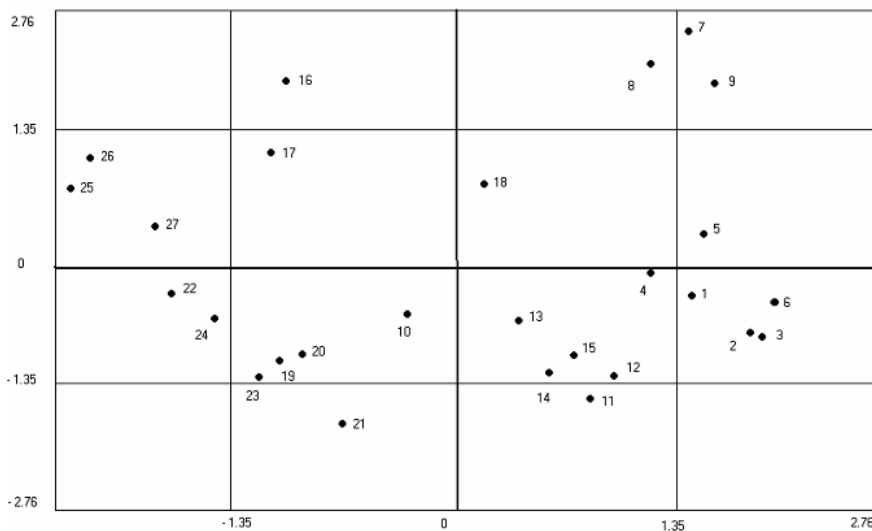
Rappelons qu'une C.A.H. permet de "visionner" la distance entre deux objets. C'est une technique statistique qui mesure les liaisons entre différents résultats obtenus et regroupés sous forme de tableau. Elle agrège les objets ayant une ressemblance et éloignent ceux qui ont des profils dissemblables. Les différents niveaux de regroupement se font à partir de la constitution d'un indice. A l'indice 0, on trouve la partition la plus fine, c'est-à-dire la distance la plus faible entre deux objets. Dans le cas précis de l'expérimentation, à l'indice 0, on

obtient une partition en 27 caractères (les 27 tâches). Effectivement la tâche qui s'avère la plus proche de la tâche 1 est elle-même. A l'autre extrémité, on trouve la partition la moins fine où toutes les tâches sont regroupées.

Dans le cas présent, à partir des quatre variables dépendantes, la CAH permet de discriminer 6 groupes de tâches (en fait 2 fois 3 groupes).

Cette première approche permet de discriminer des groupes de tâches aux profils proches sans pour autant deviner les fluctuations entre variables. En d'autres termes il est difficile de positionner chaque tâche par rapport à chaque variable. Pour y parvenir il est préférable d'entreprendre une analyse en composante principale (ACP).

L'ACP se fondant sur le principe de la double analyse d'un nuage de points, consiste à rechercher des axes d'inertie de ce nuage et de projection sur les axes factoriels, et de positionner les variables par rapport aux axes factoriels. Son intérêt réside dans le fait qu'elle est essentiellement un mode de présentation graphique de tableaux de données multidimensionnelles. Pour manipuler des grandeurs qui sont toutes mesurées avec des unités différentes, la technique consiste à centrer puis réduire les valeurs (centrer un tableau consiste à calculer la moyenne pour chacun des caractères puis à porter pour chaque individu la différence à la moyenne pour chacun des caractères ; réduire le tableau consiste à calculer l'écart-type pour chacun des caractères et à exprimer toutes les cases en nombre d'écart-type).



Graphique 4. ACP sur les cibles et les variables dépendantes.

Avec le graphique 4 on constate que les axes principaux de projection sont formés pour le vecteur 1 essentiellement par le nombre de cibles touchées (pr_ct) puis par le pourcentage de cibles tentées (pr_Tent) et dans une moindre mesure par le T.M. (pTM_ct). L'axe 2 est formé par le T.R. (pTR_ct) le TM et par les non-tentatives (pr_Tent = -0.51). Le vecteur 3 a une incidence très faible sur l'ensemble du graphique. Les tâches responsables des plus grands écarts pour le facteur 1, sont les tâches 7, 8, 9, 25 et 26 très éloignées du centre (9,93, 7,49, 9,77 et 8,11, 7,62) mais les tâches qui contribuent à son élaboration sont les tâches 25, 26 et 27 (respectivement 12,75, 11,41 et 7,89). Pour le facteur 2 ce sont les mêmes tâches qui sont responsables des plus grands écarts (tâches 7, 8, 9, 25 et 26) mais ce sont les tâches 7, 8, 9, 16 et dans une moindre mesure 21 qui contribuent le plus à la construction de cet axe.

Précisons que l'axe des abscisses est formé essentiellement par la performance et le nombre de tentatives et l'axe des ordonnées par le T.R. et le T.M. Autrement dit, les tâches qui se situent à droite en haut sont sources de bonnes performances avec des T.R. et des T.M. importants, les tâches en bas à gauche sont responsables des échecs avec des T.R. et des T.M. courts. Un examen plus approfondi de ce tableau permet plusieurs conclusions :

- les segmentations faites à partir de la CAH se retrouvent. Les six groupes que nous avons arbitrairement définis peuvent se reconnaître facilement ;
- les tâches 7, 8 et 9 se distinguent des autres surtout par des T.R. et des T.M. très importants, puisque leur taux de réussite est proche du groupe 1 (composé des tâches 1, 2, 3, 4, 5 et 6).
- ce graphe permet surtout de visionner les rôles respectifs de I.S. et V. En effet, on peut observer facilement les trois blocs de tâches formés à partir de I.S. niveau 2 c'est-à-dire les groupes (7, 8, 9) ; (16, 17, 18) et (25, 26, 27). Quand la vitesse est lente, les performances sont bonnes et les temps de réaction et de mouvement importants ; quand la vitesse est moyenne, les scores sont moyens et les T.R. et T.M. en baisse ; enfin quand la vitesse est rapide, la performance chute beaucoup et les T.R. et T.M. continuent à baisser.
- une sorte de symétrie se dégage avec les trois autres groupes. Globalement ils se positionnent différemment sur l'axe horizontal indiquant une forte chute des tentatives et de la performance. La variable responsable est la vitesse de défilement de la cible sur l'écran. De plus mais de manière nettement atténuée, il est possible de constater

que leur T.R. et leur T.M diminuent. La vitesse semble être également responsable de cette baisse.

La preuve est ainsi faite qu'il est possible d'agrèger des tâches aux profils identiques et de les proposer aux sujets sans qu'ils aient le sentiment de répétition alors que leur niveau de difficulté est le même. Par exemple, nous pouvons considérer que les tâches 1,2,3,4,5 et 6 sont sensiblement de même niveau de difficulté. De plus cette étude permet une hiérarchisation plus souple des tâches selon l'ensemble des vecteurs de difficulté choisis. Si nous prenons un autre exemple il est préférable d'opposer les tâches 7, 8 et 9 aux tâches 25, 26, 27 si l'expérience doit privilégier le rapport vitesse sur TR et TM. En revanche, l'analyse du rapport cibles tentées sur cibles touchées se fera plutôt à partir des résultats obtenus d'un côté sur les tâches 11, 12, 14, 15 et de l'autre sur les tâches 19, 20, 23.

Egalement cette forme de classification évacue les tâches aux résultats ambigus difficilement contrôlables et sources éventuellement d'erreurs d'interprétation.

Enfin pour résumer l'ensemble, l'étude des corrélations existant entre les variables indépendantes et dépendantes montre que le T.R. et encore plus le T.M. sont dépendants positivement surtout de la vitesse, ensuite de I.S. En revanche le nombre de cibles touchées et le nombre de tentatives sont dépendants négativement de I.S. Plus I.S. croît et plus ces deux variables obtiennent des scores faibles. La taille joue aussi un rôle sur ces deux variables. Elles sont fortement corrélées mais T. a une influence mineure.

Analyse des variables dépendantes au regard des descripteurs de tâches

Le problème de la difficulté peut être abordé sous un angle différent. Dans la partie précédente, il s'agissait de proposer une nouvelle méthode pour déterminer la difficulté objectivement, autrement que par la performance obtenue. Ici, il s'agit d'approfondir les relations qui peuvent exister entre les variables explicatives choisies au départ (I.S., V., T.) et celles qui ont été qualifiées de dépendantes (cibles touchées, cibles tentées, T.R. et T.M.), puisqu'elles varient en fonction du degré de difficulté déterminé par les descripteurs.

S'il fallait étudier les interactions entre toutes ces variables, 105 cas d'analyses possibles seraient à entreprendre. Pour des raisons de faisabilité, et en utilisant des outils statistiques faisant appel à des analyses multivariées, ne seront

retenues que les études les plus pertinentes. Pour la clarté de l'exposé, les variables dépendantes sont isolées deux à deux ; d'abord les cibles touchées et celles tentées, puis les TR et les TM

Analyse de la performance

En premier lieu, il s'agit d'établir un modèle qui précise le degré de participation des descripteurs sur l'évolution de chaque variable dépendante. A partir des données recueillies précédemment, on procède à différentes analyses statistiques pour déterminer sa validité. Le modèle linéaire est de la forme : variable X = a * Ech_IS + b * Ech_Vitesse + c * Ech_Taille + d. L'hypothèse nulle qui est testée est a=0, b=0, c=0, d=0. Si les P-values (probabilité de dépassement de la valeur observée) sont proches du zéro, il est possible de dire que tous les coefficients de cette équation de régression sont très significativement différents de 0.

L'étude de la variable cibles touchées fait apparaître un modèle très explicatif (R² = 86.18%) avec une différence faible entre le modèle observé et celui prédit. Le modèle est fortement prédictif. Les trois variables explicatives jouent toutes un rôle significatif dans l'établissement de la performance. L'intérêt est de trouver la pondération pour chacun des descripteurs. Les analyses de variance montrent que le descripteur vitesse intervient pour 34% dans le modèle proposé, le descripteur I.S. pour 23% et le descripteur taille 18%.

La même analyse prouve que pour les cibles tentées, la variable principale reste IS (63% du modèle expliqué), puis V 24%. T ne joue aucun rôle.

Analyse du temps de réponse

Les faits les plus saillants indiquent que le TR n'est sensible qu'aux variations de IS (niveau 3) et V. Cette observation rejoint celle de Temprado (1990) qui démontre qu'en forte pression temporelle le sujet utilise une stratégie pour se donner le temps de l'analyse. En fait, tant que I.S. est faible, le T.R. reste faible car les sujets ont le temps d'anticiper sur la trajectoire effectuée par la cible. En revanche au niveau trois, ils doivent non seulement prendre des informations mais aussi programmer le lancer. En ce sens, la difficulté tient à l'enchaînement de deux actions d'exploration et de programmation. La vitesse joue le rôle inverse. Tant qu'elle est faible le sujet semble s'accorder un délai pour s'assurer de la trajectoire de la cible. Mais avec son augmentation, il subit une pression temporelle qui l'oblige à agir sans toutefois maîtriser complètement toutes les informations. D'où les échecs dus à une grande vitesse de déplacement

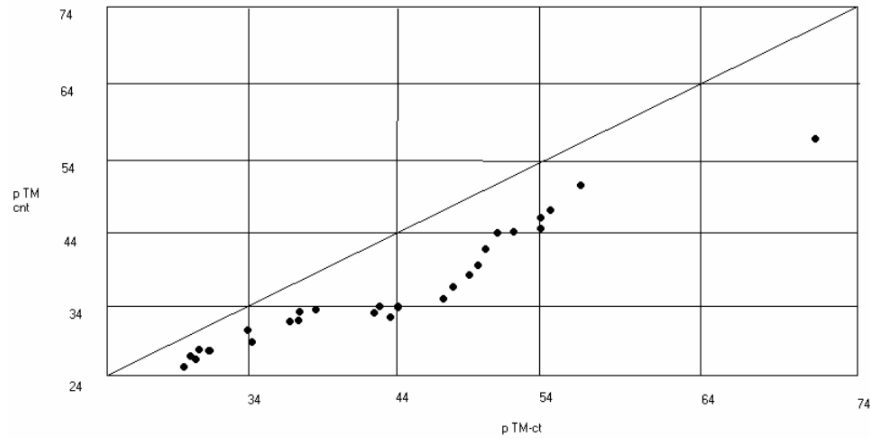
de la cible. Pour résumer, nous en arrivons au paradoxe suivant : l'incertitude spatiale en devenant plus difficile à gérer augmente les temps de réaction alors que la pression temporelle les fait chuter. C'est tout le problème de l'échange vitesse - exactitude de la réponse (Pachella, 1974 ; Wickelgren, 1977 ; Meyer et al, 1988). Dans les deux cas la performance s'en ressent négativement.

La même analyse statistique avec la vitesse montre que cette dernière est responsable de la chute du nombre de cibles tentées conjointement à une réduction du TR. De même, les études comparatives entre le TM et le nombre de cibles touchées confirment que seule la vitesse est fortement corrélée aux fluctuations de la performance et du TM.

Selon les explications classiquement avancées pour expliquer la relation TR-TM il est spécifié que les sujets usent de stratégies telles que, sous pression temporelle, quand leur temps de réaction est long, ils compensent par des temps de mouvement courts. Si cette théorie peut s'appliquer ici, la relation entre T.R. et T.M. devrait être négative. En d'autres termes, quand T.R. augmente, T.M. devrait baisser. Le modèle confirme bien cette relation avec une corrélation faible (0.68) et très significative mais infirme l'ordre de la liaison. Quand TR augmente, TM augmente aussi. Autrement dit, les tâches dont les descripteurs ont un fort impact sur la pression temporelle ne permettent pas aux sujets de gagner du temps pour ajuster leur mouvement. Pourtant quand on analyse seul le TM par rapport aux cibles tentées et aux cibles touchées, on constate pour toutes les tâches qu'il est le vecteur le plus important dans la précision gestuelle.

Le graphe suivant (graphique 5) montre sans équivoque que le temps de mouvement des cibles touchées est toujours significativement plus élevé que le T.M. des cibles non touchées. Autrement dit, les sujets pour réussir leur lancer ont augmenté leur T.M.

On peut supposer suite aux observations de Schmidt (1993) que les individus qui se sont donnés le moyen d'avoir des feed-back de retour ont été plus précis. La différence de temps porte environ sur 8 centièmes de seconde. Il est aussi à noter que dans le cadre de la manipulation des tâches, il est possible de préciser trois groupes de tâches aux caractéristiques bien tranchées pour évaluer la difficulté. Le groupe G1 formé des tâches 1, 2, 3, 4, 5 et 8 engendre des TM et des performances élevées. Le groupe G2 (tâches 9, 12, 13, 14) des scores moyens et le groupe G3 (tâches 20, 22, 13, 26, 27) des scores faibles et des TM courts.



Graphique 5. Relation entre les TM cibles touchées et les TM cibles non touchées.

Bien que le modèle ne soit explicatif que pour 68% (et pourtant très significatif avec une P-value = 0,0001) nous constatons que le TR et le TM évoluent de manière identique. Cela signifie que les tâches affectent pareillement les stades de prise d'information et celles de programmation. Cela va à l'encontre des thèses habituellement connues sur la stratégie du sujet en situation de forte pression temporelle (Temprado, 1994).

7. CONCLUSION

A partir de l'étude sur les possibilités de classification des tâches, on peut en retirer quelques enseignements :

- Les résultats obtenus dans cette étude attestent de la multiplicité du concept de difficulté. Selon les options choisies, il s'exerce différemment et induit des classifications divergentes.
- Ne considérer que le score obtenu par les sujets peut dans certains cas s'avérer restrictif. Il est possible grâce à l'utilisation d'outils statistiques appropriés de manipuler la difficulté sur plusieurs variables et ainsi se donner l'occasion d'observer le comportement des sujets selon plusieurs axes.
- Il est prudent d'avoir une bonne maîtrise des variables indépendantes manipulées. Elles sont facilement contrôlables quand on les étudie séparément ; mais les réunir augmente considérablement les effets d'interaction. En d'autres termes, l'importance d'une variable sur la

performance évolue de manière parfois imprévisible en fonction de contaminations liées à d'autres facteurs.

- Tenter de classer des tâches sur un continuum, c'est s'obliger à faire un choix arbitraire. En définitive, c'est à l'utilisateur, en fonction de ce qu'il désire obtenir, de préciser les variables initiatrices de difficulté qu'il va manipuler pour éviter toute confusion dans la création des tâches soumises à expérimentation et pour ne pas commettre des erreurs d'interprétation sur les résultats.

Enfin la méthode développée dans cette étude montre qu'il est possible de discriminer scientifiquement les tâches à partir de multiples performances dépendantes de variables diverses. La classification des tâches ne dépend plus d'une variable comme c'est souvent le cas (en général la performance), mais d'un nombre beaucoup plus important de facteurs, à condition qu'ils soient indépendants les uns des autres. Cette approche multidimensionnelle pourrait s'avérer pertinente dans l'élaboration de modèles de plus en plus complexes pour expliquer le rôle de la difficulté (objective ou subjective) sur des variables intermédiaires à l'élaboration de la performance. C'est le cas, par exemple, pour obtenir un éclairage nouveau sur le concept de maladresse (Genty, Thouwarecq, Deneuve, expérimentation en cours).

Au terme de cet exposé, nous pensons avoir contribué à donner quelques outils conceptuels et matériels pour appréhender concrètement la difficulté. Cette notion peut se décider a priori à partir de l'élaboration de théories issues de paradigmes scientifiques et, par déduction entraîner une classification des tâches motrices en terme de niveaux de difficulté. C'est l'exemple de la théorie de l'information qui propose une conception de la difficulté qui repose sur la quantité d'information que peut traiter un individu.

Une deuxième méthode peut être envisagée en inversant la procédure. Il s'agit de choisir des variables que l'on estime être caractéristiques d'un ensemble de tâches et de pointer les modifications qu'elles entraînent chez les sujets. Ces résultats, enregistrés sur des échelles appropriées (métriques, chronométriques ou autres) peuvent servir à définir la difficulté objective. Autrement dit, en fonction des variables génératrices des principes d'action que l'individu doit s'approprier pour répondre aux exigences de la situation, il est possible d'observer certaines fluctuations dans les performances et de définir a posteriori ce qu'est la difficulté. De plus, le terme performance ne se résume pas qu'au résultat obtenu par rapport au but, même si c'est celui qui domine dans la littérature sportive. On peut considérer qu'il existe des performances

intermédiaires influençant fortement le résultat. Par exemple, dans un jeu de lancer de fléchettes sous forte pression temporelle, la performance, qui se définit par le fait que la cible soit touchée ou non, dépend au départ de la tentative ou non du sujet. Ainsi, comme l'a prouvé cette étude, des variables autres que la performance peuvent être utilisées pour affiner les résultats. Nous nous sommes servis du nombre de tentatives des temps de réaction et de mouvement. C'est à partir des scores et des temps de réponse que la difficulté objective a pu être précisée.

Dans ce cas, les variables explicatives de ces différents résultats se voient attribuées une pondération plus ou moins élevée pour la définition de la difficulté objective. En définitive cette difficulté est la résultante de l'interaction entre ces variables génératrices de performances diverses. Elle est précisée par leurs caractéristiques positionnées sur une échelle de difficulté primaire. Par exemple, la précision spatiale s'évalue en centimètres, et la précision temporelle en centièmes de seconde. En comparant les divers résultats obtenus avec la localisation de chaque descripteur sur les échelles de difficulté, il est possible de définir une tâche précisément en terme de difficulté objective, puisqu'elle est la résultante d'un ensemble de difficultés élémentaires qui jouent sur les performances des sujets.

Cette construction a posteriori a un double avantage :

- elle définit très précisément la difficulté objective et une classification fine peut être proposée dans la classe de tâches étudiées à partir de descripteurs véritablement actifs. Par exemple, pour étudier l'évolution du T.R. on peut ne pas tenir compte du descripteur taille de la cible ;
- elle permet de choisir les variables intermédiaires ou dépendantes qui vont être les plus sensibles à la modification de la difficulté objective. Parfois la performance en terme d'atteinte du but suffira. Parfois d'autres variables pourront être choisies. L'intérêt réside surtout dans le fait que plusieurs variables soient proposées pour observer l'évolution différentielle qu'exerce sur elles la difficulté objective.

L'approche de la difficulté objective nous semble donc plus riche d'enseignements si elle se fait de manière multidimensionnelle. En d'autres termes, toute réalité est le résultat complexe où interviennent de nombreux facteurs. Il est utile de pouvoir les traiter tous ensembles et non plus seulement deux à deux. Les analyses statistiques multivariées ou multicritères apportent cette possibilité. Si elles se généralisaient, elles inciteraient à classer les tâches de

manière plus précises et à se débarrasser de représentations subjectives qui souvent parasitent les résultats. Mieux, elles pourraient maîtriser l'introduction de la subjectivité comme variable influençant la performance, dans la mesure où il est prouvé que la perception de la difficulté (difficulté perçue) est souvent proche de la réalité (Delignières, Famose, 1994) et qu'elle joue un rôle non négligeable dans l'allocation de ressources (Nicholls, 1984). En définitive, cette approche pourrait permettre de développer la compréhension de situations complexes où la difficulté de la tâche joue un rôle encore mal connu sur la performance humaine (Vaslin, Koukam, Keller et al, 1997).

BIBLIOGRAPHIE

- Amoros,F. (1815). Mémoire lu à la Société pour l'Instruction Elémentaire de Paris. Paris, Favre.
- Aranud,P. (1986). Objet culturel, objet technique, objet didactique. In: STAPS, 7(13), 43-55
- Billing,J. (1980). An overview of task complexity. In: Motor skills: theory into practice ,4,1, 18-23.
- Delignieres,D., Famose,J.P. (1994). Perception de la difficulté et nature de la tâche. In : Science et motricité, n° 23, 39-47.
- Delignieres,D.; Famose,J-P. y Genty, J. (1994). Validation d'une échelle de catégories pour la perception de la difficulté. In : STAPS n° 34, 77-88.
- Demeny,G. (1903). Mécanisme et éducation des mouvements. Paris: Alcan.
- Famose,J-P. (1983). Stratégies pédagogiques, tâches motrices et traitement de l'information. In: Tâches motrices et stratégies pédagogiques en éducation physique et sportive, dossier, Paris, Revue EPS.
- Famose,J-P. (1985). L'habileté motrice : théorie et enseignement. In : STAPS, n° 12 (24), 31-48.
- Famose,J-P. (1987). Fonctions requises, complexité de la tâche et apprentissage moteur. In: Vom Hofe, Simonnet, Recherches en psychologie du sport. Paris: EAP.
- Famose,J-P. (1990). Apprentissage moteur et difficulté de la tâche. Paris, INSEP.
- Famose,J-P.; Durand,M. y Bertsch,J. (1985). Caractéristiques spatio-temporelles des tâches et performance motrice. Actes du colloque international: corps, espace, temps.
- Famose,J-P.; Genty,J.; Durand,M. y Pichard,J.F. (1991). Description de la tâche et prédiction de la performance.In: Science et Motricité, n°15, 7-12.
- Fitts,P.M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. In: Journal of experimental psychology, n° 47, 381-391.
- Fleishman,E.A. y Quaintance,M.K. (1984) Taxonomies of human performance. The description of human tasks, New York, Academic Press.
- Gentile,A.M. (1972) Classification of motor skills. Proccedings of the canadian symposium on motor learning.

- Hayes,K.C. y Marteniuk,R.G. (1976) Dimensions of motor task complexity. In: Motor control. New York, Academic Press.
- Henert,G. (1941). L'éducation physique virile et morale par la méthode individuelle. Paris, Vuibert.
- Hick,W.E. (1952). On the rate of gain of information. In: The quarterly journal of experimental psychology, n°4, 11-26.
- Higgins,J.R. (1977). Human movement: an integrated approach. Saint Louis, The C.V. Mosby Company.
- Knapp,B. (1971). Sport et motricité. Paris, Vigot.
- Landers,D.M. y Boutscher,S.H. (1986). Arousal-Performance. In: Applied sport psychology, personal growth to peak performance. California, Mayfield Publishing Company.
- MacClelland,J. (1979). On the time relations of mental processes: an examination of systems in processes in cascade. In: Psychological review, vol.86, n°4, 287-330.
- Meyer,D.E.; Oosman,A.M.; Irwin,D.E. y Yantis,S (1988). Modern mental chronometry. Biological Psychology 26 : 3-67.
- Miller,J. (1988) Discrete and continuous models of information processing: theoretical distinctions and empirical results. In: Acta psychological review, n° 67, 191-257.
- Nicholls,J.G. (1984). Achievement motivation: conceptions of ability, subjective experience, task choice and performance. In:Psychological review,n°91,328-346
- Pachella,R.G. (1974). The interpretation of reaction time in information processing research. In B. Kantowitz, Human information processing : tutorial in performance and cognition. New York. LEA 41-82.
- Parlebas,P. (1981). Contribution à un lexique commenté en science de l'action motrice. Paris, INSEP-Publications.
- Phillip,U.; Reiche,D. y Kirchner,J.H. (1971). The use of subjective rating. In: Ergonomics, n° 14(5), 611-616.
- Poulton,E.C. (1957). On prediction in skilled movements. In: Psychological Bulletin, n°2, 99-112.
- Rendu,A. (1880). Cours de pédagogie. Paris, Garnier frères.
- Sanders,A.F. (1983). Towards a model of stress and human performance. In: Acta psychologica, n° 53, 64-97.
- Sanders,A.F. (1990). Issues and trends in the debate on discrete versus continuous processing of information. In: Acta psychologica, 74, 123-167.
- Schmidt,R.A. (1993). Apprentissage moteur et performance. Paris, Vigot.
- Temprado,J-J. (1990). Stratégie de décision et contrôle du mouvement dans une tâche de lancer de précision. In : Sport et Psychologie, sous la direction de J. Bilard et M. Durand. Paris, EPS, dossier n° 10, 31-41.
- Temprado,J-J. (1994). Méthodes de chronométrie mentale et modèles de traitement de l'information. Science et motricité. N° 22, 23-33.
- Vaslin,P.H.; Koukam,A.; Keller,D et al (1997). Système automatisé de mesure de paramètres de la performance en volley-ball. Science et motricité. 31, 46-53.
- Wickelgren,W.A. (1977). Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics. Acta Psychologica , 41, 67-85.

