

# COORDINATION MOTRICE INTER-INDIVIDUELLE ET LOI DE FITTS : FONCTION D'ÉCHANGE VITESSE - PRÉCISION POUR LE MOUVEMENT DE POINTAGE EN DYADE

**Thierry FERRAND**

Université d'Aix Marseille, Faculté des Sciences du Sport  
UMR Perception et Mouvement,  
163, avenue de Luminy 13009 Marseille, France  
Tél. : 04-91-17-22-80  
Email : ferrand@laps.univ-mrs.fr

## Résumé

Cette étude présente la loi de Fitts, fonction d'échange entre la vitesse et la précision du mouvement, dans différents contextes. Dans un premier temps, nous avons vérifié cette loi dans les cas du pointage avec la main droite, la main gauche et les deux mains. Dans un deuxième temps, en utilisant les mêmes participants, nous avons étudié la loi de Fitts dans une tâche de pointage coopératif inter-individuel, en dyade (deux participants coopèrent simultanément à une tâche de pointage commune). Les résultats de cette étude montrent la validité de la loi de Fitts dans tous les cas intra-individuels, mais aussi de manière remarquable dans le cas inter-individuel. Une étonnante similarité de performance est à noter entre les cas intra-individuel et inter-individuel, qui ne diffèrent pas significativement. Cette forte similarité d'une part pour la loi de Fitts et d'autre part pour les performances entre les cas intra et inter-individuel semble donc faire intervenir des mécanismes dynamiques de coordination communs.

## 1. Introduction

Dans cette étude, nous avons étudié la généralisation de la loi de Fitts au pointage coopératif à deux personnes. La loi de Fitts [Fitts, 1954] est une loi d'échange linéaire qui relie le temps de mouvement (TM) à la difficulté du mouvement représentée par un indice de difficulté ID. On a

$$TM = a + b.ID$$

avec  $ID = \log_2(2.D / W)$

où D est la distance à la cible, W est la largeur de la cible. La pente de la droite a et l'ordonnée à l'origine b sont des constantes à ajuster empiriquement.

La plus célèbre des expériences de Fitts consistait en un pointage alternatif sur deux cibles de largeur W, séparées par une distance D [Fitts, 1954]. A l'aide d'un stylet, le sujet devait pointer sur la cible de gauche, puis sur celle de droite, et ainsi de suite de manière alternative et le plus rapidement possible, pendant une durée de 15 secondes (voir Figure 1). Fitts manipulait d'une part la tolérance des cibles, W, et d'autre part la distance, D, séparant les deux cibles (manipulation de la contrainte spatiale exprimée par un indice de difficulté ID). Il mesurait le temps, TM, mis par les sujets pour effectuer cette tâche de pointage alternatif (temps mis pour aller d'une cible à l'autre).

De cette expérience, Fitts tire la conclusion que l'augmentation de la contrainte spatiale, par accroissement de la distance, D, ou diminution de la tolérance W, entraîne une augmentation proportionnelle du temps mis pour effectuer la tâche. La relation d'échange entre la vitesse et la précision requise qu'il

trouve, est une relation linéaire reliant le temps de mouvement, TM, à l'indice de difficulté, ID, tel que :

$$TM = a' ID + b$$

Le travail original de Fitts a été suivi par de nombreux travaux montrant la validité de la loi de Fitts pour toute une diversité d'effecteurs, de manipulandums, et d'environnements [Meyer et al., 1990]. Ainsi, la loi de Fitts est reconnue comme remarquablement générale.

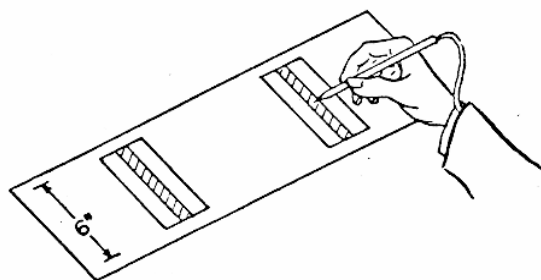


Figure 1 — Tâche de pointage alternatif avec un stylet ( d'après [Fitts, 1954]).

L'ensemble de ces travaux a montré la robustesse de cette loi notamment en ce qui concerne les mouvements de pointages vers une cible fixe. Ces études sur le mouvement humain étaient toutefois restreintes au cas du pointage vers une cible immobile (voir le Tableau 1 pour une taxonomie des mouvements de pointage).

Pourtant, nos mouvements quotidiens, comme la poignée de main, sont souvent des mouvements de pointage vers une cible mobile. Ce mouvement relatif pointeur-cibles peut être soit non-interactif (le déplacement de la cible est nul ou indépendant de celui

du pointeur) soit interactif. En ce qui concerne ce dernier cas, l'interactivité est soit convergente, comme dans le cas de la poignée de main (déplacement du pointeur vers la cible, et vice-versa), soit divergente, comme dans la poursuite proie-prédateur (la cible cherche activement à s'éloigner du pointeur). Cette recherche vise à

analyser la loi de Fitts à la fois au niveau des mouvements de pointage vers une cible fixe, cas intra-individuel, et au niveau des mouvements de pointage interactif vers une cible mobile convergente, cas inter-individuel.

Tableau 1 : Taxonomie des mouvements de pointage.

Catégories	Exemples
Pointage non-interactif	
Cible fixe	Pointage classique de Fitts
Cible mobile	Attraper un objet qui se déplace
Pointage interactif	
Compétitif (cible divergente)	Interaction proie-prédateur
Coopératif (cible convergente)	Poignée de main

L'étude des mouvements de pointage dans le cas inter-individuel d'une dyade, permet de donner un nouvel éclairage aux modèles de l'échange vitesse-précision. Si la validité de la loi de Fitts pour un geste de pointage coopératif en dyade est démontré ; alors les modèles pouvant rendre compte de cet échange vitesse-précision devront intégrer des mécanismes prédictifs précis et/ou des processus de corrections et de contrôle *on-line* rapides (au cours du mouvement). Dans le cas de la validité de la loi de Fitts pour le geste coopératif en dyade, les modèles purement déterministes, comme le modèle déterministe de la correction itératives [Crossman et Goodeve, 1963/83], seraient invalidé. Afin de garder leurs validités, les autres types de modèles devraient intégrer des processus prédictifs ou dynamiques capables de coordonner et de synchroniser précisément et rapidement les mouvements des deux personnes composant la dyade.

Nous avons analysé des mouvements de pointage interactif convergent effectués par deux participants simultanément (un des participants déplace le pointeur, l'autre les cibles). Afin d'étudier la généralisation de la loi de Fitts au pointage inter-individuel, nous avons choisi une tâche similaire à celle utilisée par Fitts (1954), c'est à dire une tâche de pointage cyclique (pointage alternatif sur deux cibles), spatialement contrainte (précision prescrite par l'indice de difficulté, *ID*). Dans la situation non-interactive (première partie de l'expérience), les sujets effectuaient individuellement des mouvements de pointage cyclique (pointage intra-individuel). Dans la situation interactive (deuxième partie de l'expérience), chaque dyade (paire de sujets) effectuait simultanément un pointage coopératif convergent (pointage inter-individuel).

La première partie de l'expérience avait pour objet de confirmer les recherches antérieures sur les mouvements intra-individuels de pointage vers une cible fixe en utilisant la main droite, la main gauche, ou les deux mains. Elle représentait en même temps une condition contrôle relativement à l'autre. La deuxième partie de l'expérience a porté sur le cas du mouvement de pointage inter-individuel convergent vers une cible

mobile. Chaque participant, après avoir réalisé la première partie de l'expérience, a été testé en interaction avec chacun des autres participants lors de la deuxième partie ( $C_6^2 = 15$  dyades au total).

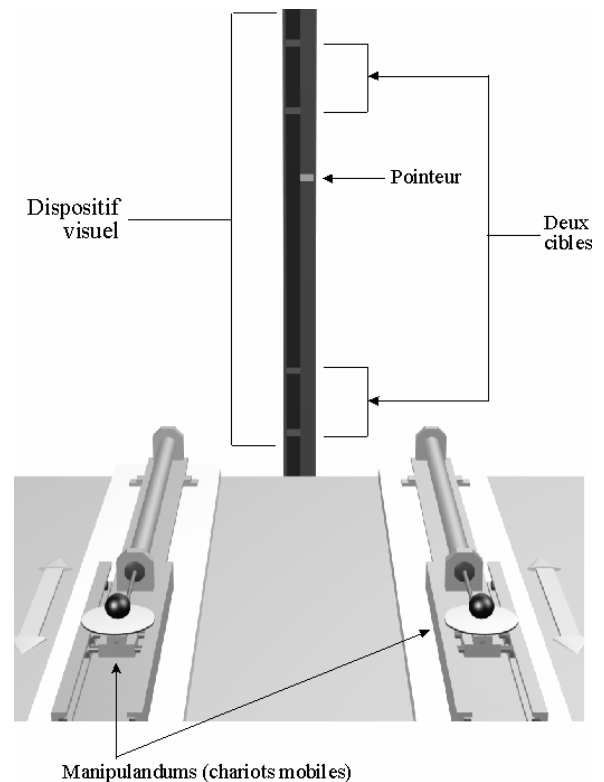


Figure 2 — Dispositif expérimental.

La même gamme de niveaux de difficulté (contraintes spatiales) a été utilisée dans les deux parties de l'expérience. Ainsi, l'étude du cas intra-individuel d'une part, et du cas inter-individuel d'autre part, pour chacun des six participants, nous a permis d'étudier le passage d'une tâche de coordination (cas

intra-individuel) à une tâche de coopération (cas inter-individuel) dans des mouvements de pointage cyclique.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Appareillage

Le dispositif expérimental se composait de deux manipulandums (chariots mobiles) et d'un dispositif de présentation visuelle du pointeur et des cibles (voir Figure 2). Chaque manipulandum se présentait sous la forme d'un chariot mobile, manipulé par le sujet et situé sur un rail ne permettant son déplacement que dans une direction et sur une longueur de 31 cm.

Le dispositif de présentation visuelle du pointeur et des deux cibles était formé d'une rampe (1.2 m) composée de deux rangées de 512 diodes. Sur une des rangées de diodes était affiché le pointeur (une diode verte éclairée). Sur l'autre rangée de diodes étaient affichées les deux cibles (deux paires de diodes rouges éclairées). L'action sur les manipulandums permettait dans un cas le déplacement du pointeur, et dans l'autre celui de quatre points lumineux solidaires qui représentaient les deux cibles.

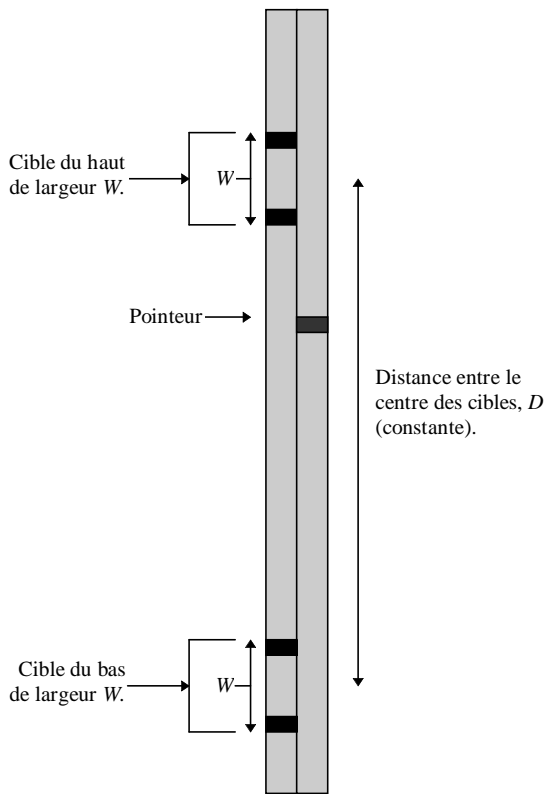


Figure 3 — Dispositif de présentation des deux cibles et du pointeur.

### 2.2. Conditions de l'exécution des mouvements

Dans les deux parties de l'expérience, afin de faire varier la difficulté, nous avons manipulé  $W$  (largeur de la cible) en utilisant six valeurs de  $W$  (4, 8, 16, 32, 64, 128 diodes) et en gardant constante la distance entre les deux cibles ( $D=256$  diodes), ce qui correspondait respectivement aux  $ID$  7,6,5,4,3 et 2, selon la définition

de l'indice de difficulté de Fitts. Le premier facteur expérimental commun aux deux parties de l'expérience est l'indice de difficulté,  $ID$ , à 6 modalités (voir Figure 3 pour le dispositif de présentation de  $W$  et  $D$ ).

Dans la première partie de l'expérience (cas intra-individuel) les participants ont effectué la tâche suivant ces six conditions de difficulté, croisées à six conditions d'assignation manuelle (voir Tableau 2). Quatre de ces conditions sont unimanuelles et deux conditions sont bimanuelles. Pour chaque latéralité unimanuelle (droite ou gauche), la main déplace soit le pointeur, soit les cibles. Dans les conditions bimanuelles, les mains déplacent le pointeur et les cibles suivant les deux assignations possibles. Dans la première partie de l'expérience, le deuxième facteur expérimental est l'assignation manuelle à 6 modalités.

Dans la deuxième partie de l'expérience (cas inter-individuel), les participants ont effectué la tâche suivant six conditions de difficulté identiques à celles de la première partie de l'expérience, croisées à deux conditions d'assignation manuelle. Les deux participants de chaque dyade déplaçaient le pointeur et les cibles suivant les deux assignations possibles (le premier des deux participants déplaçait le pointeur et l'autre les cibles, ou vice-versa). Le deuxième facteur expérimental est donc l'affectation manuelle à 2 modalités. Pour cette deuxième expérience, les participants, tous droitiers, devaient utiliser leur main préférée, la main droite. Les mêmes sujets ont participé aux deux parties de l'expérience.

Tableau 2 — Les 6 conditions d'assignations manuelles dans la première partie de l'expérience.

Conditions d'assignations manuelles	Main droite déplace	Main gauche déplace	Abréviations
<b>Conditions unimanuelles</b>	le pointeur		<b>MDp</b>
	les cibles		<b>MDc</b>
<b>Conditions bimanuelles</b>	le pointeur	les cibles	<b>MDpMGc</b>
	les cibles	le pointeur	<b>MDcMGp</b>

### 2.3. Essais et instructions relatifs à la vitesse et à la précision de la tâche

Les instructions prescrivait au sujet d'effectuer un pointage alternatif sur les deux cibles. Dans les conditions unimanuelles, le sujet déplaçait soit le pointeur (via un manipulandum), soit les cibles (via l'autre manipulandum). Dans le cas du déplacement du pointeur, le sujet déplaçait le manipulandum de manière à amener le pointeur sur une cible, puis une fois celle-ci atteinte dirigeait le pointeur sur l'autre cible et ainsi de suite de façon alternative. La particularité de la tâche de pointage utilisée était qu'elle pouvait être effectué par déplacement simultané du pointeur et des cibles. Ainsi, cette tâche pouvait être effectué par deux mains, soit d'un même sujet (cas bimanuel intra-individuel), soit de deux sujets différents (cas inter-individuel), auquel cas un des sujets déplaçait le pointeur, l'autre les cibles. Par

exemple, dans la condition inter-individuelle, l'un des deux sujets déplaçait le pointeur vers la cible du haut et l'autre sujet déplaçait les deux cibles dont celle du haut vers le bas. Dès que le pointeur et la cible du haut s'étaient rejoints, les sujets visaient la cible du bas et ainsi de suite d'une cible à l'autre.

Nous demandions aux sujets de commettre le moins d'erreurs possible (5 % d'erreur toléré au maximum), en effectuant un maximum de pointages pendant la durée de l'essai. Une erreur était définie comme un *undershoot* (pointage avant la cible) ou un *overshoot* (pointage après la cible). Nous encourageons le sujet à utiliser toute la tolérance (largeur de la cible), mais seulement celle-ci.

Dans la première partie de l'expérience, chaque participant a été testé individuellement pendant 4 sessions de 72 essais. Dans la deuxième partie de l'expérience, chaque participant a été associé à tous les autres sujets lors d'une session de 72 essais (5 sessions pour chaque sujet et 15 dyades au total). Dans chaque session de l'expérience, les essais étaient distribués de manière aléatoire en fonction des facteurs expérimentaux. Chaque essai avait une durée de 30 secondes, dont les seules 20 dernières secondes ont été analysées.

## 2.4. Variable dépendante et analyse statistique

La performance des participants est mesurée par la variable dépendante qui est le temps de mouvement, *TM*, calculé comme le temps mis par le(s) participant(s) pour aller d'une cible à l'autre cible. Ce temps de mouvement correspond à un demi-cycle. La tâche

consistait à pointer alternativement sur les deux cibles (pointer sur une cible puis sur l'autre et ainsi de suite), plusieurs temps de mouvements sont calculés et moyennés pour chaque essai de chaque participant.

Le facteur d'affectation de la main (déplacement du pointeur ou des cibles), entièrement balancé dans l'expérience, n'a pas été étudié spécifiquement. Ainsi, dans le cas intra-individuel, 3 modalités de l'assignation manuelle (main droite, main gauche et bimanuel) sont prises en compte pour l'analyse statistique.

La tâche de pointage demandée est effectuée simultanément par deux sujets droitiers dans le cas inter-individuel. Ils utilisent chacun leur main préférée, c'est-à-dire leur main droite. De ce fait, le cas inter-individuel peut être comparé au niveau statistique au cas de la main droite en intra-individuel.

Des analyses de variance (MANOVA) sont effectuées :

- 1 — à 2 facteurs dans le cas intra-individuel : 6 sujets \* 6 *ID* \* 3 assignations manuelles (main droite, gauche et bimanuel).
- 2 — à un seul facteur dans le cas inter-individuel : 15 dyades \* 6 *ID*.
- 3 — à 2 facteurs dans la comparaison intra/inter-individuelle : 6 sujets \* 6 *ID* \* 2 systèmes (main droite intra-individuelle, inter-individuelle).

Afin de déterminer l'adéquation des temps de mouvement à la loi de Fitts, un calcul des droites de régression linéaire (*TM* en fonction de *ID*) est ensuite calculé pour chaque condition intra-individuelle et pour celle inter-individuelle.

Tableau 3 — Temps de mouvement et écart-type (entre parenthèses) des différentes conditions manuelles (main droite, main gauche et bimanuelle) intra-individuelles et la condition inter-individuelle en fonction de l'indice de difficulté, *ID*.

ID	TM en secondes (écart-type)			
	Main droite	Main gauche	Bimanuelle	Inter-individuelle
2	0.247 (0.016)	0.253 (0.018)	0.252 (0.014)	0.243 (0.017)
3	0.339 (0.025)	0.372 (0.025)	0.366 (0.023)	0.324 (0.017)
4	0.516 (0.045)	0.538 (0.048)	0.549 (0.047)	0.455 (0.024)
5	0.743 (0.082)	0.744 (0.095)	0.784 (0.087)	0.669 (0.059)
6	0.974 (0.123)	0.977 (0.131)	1.036 (0.128)	0.892 (0.088)
7	1.221 (0.177)	1.273 (0.185)	1.338 (0.205)	1.115 (0.137)
<b>Moyenne</b>	0.673 (0.078)	0.693 (0.084)	0.721 (0.084)	0.616 (0.057)

## 3. Résultats

### 3.1. Loi de Fitts dans le cas intra-individuel

L'analyse de la variance du temps de mouvement montre un effet principal significatif du facteur *ID* ( $F(5,25)=165.14; p<.0001$ ). Une analyse *post hoc* (Newman-Keuls) montre que les conditions manuelles utilisées, main droite, gauche et bimanuel, sont toutes différentes les unes des autres (voir le Tableau 3 et 4 et la Figure 4). La main droite donne les meilleures performances (673 ms), puis la main gauche (693 ms) et la condition bimanuelle (721 ms).

Une régression linéaire, montrant une relation linéaire entre le temps de mouvement et l'indice de difficulté, est calculée pour chacune des six conditions d'assignation intra-individuelle. Le Tableau 5 montre un bon ajustement linéaire (moyenne de toutes les conditions,  $r^2 = .94$ ) à la loi de Fitts, que ce soit dans les conditions unimanuelles ou dans les conditions bimanuelles, à la fois pour le déplacement du pointeur, des cibles ou des deux simultanément. L'équation moyenne de meilleure approximation est  $TM=219*ID-268$ . Ces résultats confirment la validité de la loi de Fitts dans les cas intra-individuels.

Tableau 4 — Probabilités du test post hoc (Newman-Keuls) des différentes conditions manuelles (main droite, main gauche, bimanuel intra-individuelles (les astérisques désignent les valeurs de probabilité significative à .05).

	Main droite	Main gauche	Bimanuel
	0.673 s.	0.693 s.	0.721 s.
Main droite		.034660 *	.000545 *
Main gauche	.034660 *		.005905 *
Bimanuel	.000545 *	.005905 *	

Tableau 5 — ajustements linéaires moyens dans les conditions intra-individuelles (MD : main droite, MG : main gauche, p : pointeur, c : cibles).

MDp	MGp	MDpMGc
$r^2 = .960$	$r^2 = .947$	$r^2 = .946$
MDc	MGc	MDcMGp
$r^2 = .902$	$r^2 = .916$	$r^2 = .944$

### 3.2. Loi de Fitts dans le cas inter-individuel

L'analyse de la variance du temps de mouvement montre un effet significatif du facteur ID ( $F(5,70)=1462.79;p<.0001$ ). La régression linéaire, montrant une relation linéaire entre le TM et l'ID, est de  $r^2 = .94$  en moyenne, quand les participants effectuent un pointage coopératif en dyade. La loi de Fitts se vérifie donc de façon remarquable dans le cas du pointage coopératif inter-individuel.

### 3.3. Comparaison des cas intra et inter-individuel

L'analyse de la variance du temps de mouvement ne montre aucune différence significative entre la condition main droite intra-individuelle et la condition inter-individuelle ( $F(1,5)=2.18;p>.05$ ). Pour affiner ce résultat, une analyse post hoc (Newman-Keuls) est effectuée. Elle montre que les temps de mouvement sont différents entre la main droite et l'inter-individuel, excepté pour les deux indices de difficultés 2 et 3 (voir Tableau 3 et 6). Cette différence toujours en faveur de la dyade, semblerait montrer que celle-ci est en général plus rapide que la main droite. Le Tableau 7 ne montre pas de différence significative sur l'ajustement linéaire à la loi de Fitts entre le cas intra-individuel et le cas inter-individuel (moyennes des  $r^2 = .936$  et  $.937$  respectivement,  $t(5) = 0.23, p > .80$ ).

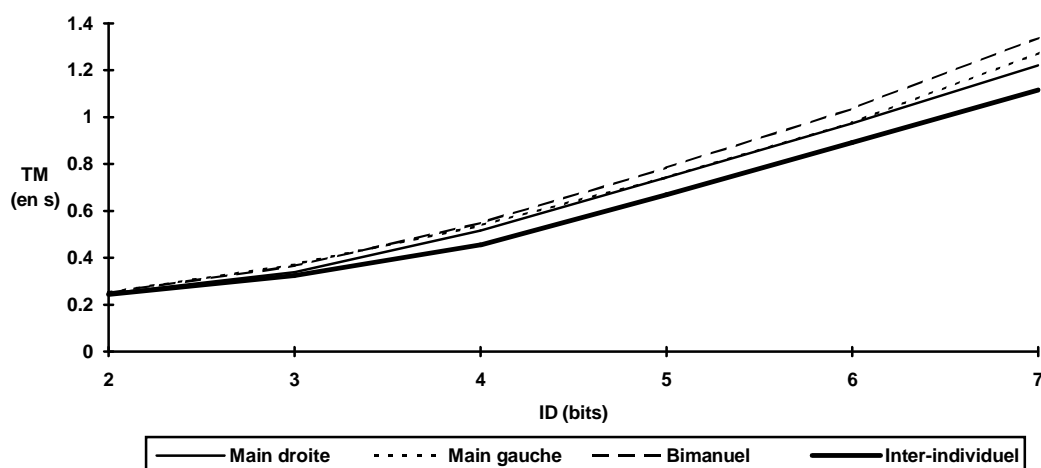


Figure 4 — Temps de mouvement des différentes conditions manuelles (main droite, main gauche et bimanuelle) intra-individuelles et inter-individuelles en fonction de l'ID

Tableau 6 — Probabilités du test post hoc (Newman-Keuls) des deux facteurs (main droite intra-individuel et inter-individuel) en fonction de l'ID (l'astérisque montre des valeurs de probabilité significative à .05).

ID	TM (en s.)	Interindividuel					
		2	3	4	5	6	7
		.242	.324	.455	.669	.892	1.115
Main droite	2	.247	.872960				
intra individuel	3	.339	.569246				
	4	.516		.030116 *			
	5	.743			.010574 *		
	6	.974				.005171 *	
	7	1.221					.000645 *

Comme l'illustre la Figure 5 et le montre le Tableau 7, les pentes et les ordonnées à l'origine de la loi de Fitts sont également très semblables entre le cas intra-individuel et le cas inter-individuel (moyenne des pentes = 219.41 et 189.66 respectivement,  $t(5) = 1.97, p > .10$  ; moyenne des ordonnées à l'origine = -267.64 et -216.51 respectivement,  $t(5) = 1.65, p > .10$ ). Le cas du comportement de pointage coopératif inter-individuel suit donc une loi de Fitts remarquablement similaire à celle observée dans le cas du pointage intra-individuel.

#### 4. Discussion

L'ensemble des données chronométriques au niveau intra-individuel (pointage sur une cible fixe), et au niveau inter-individuel (pointage sur une cible mobile interactive convergente), est en adéquation avec la loi de Fitts. Le cadre de la loi de Fitts peut donc être étendu au cas du pointage vers une cible mobile interactive convergente.

Tableau 7 — Pentes, ordonnées à l'origine et ajustements linéaires moyens des participants dans les conditions intra-individuelle et inter-individuelle (dans ce dernier cas, pour chaque sujet, les chiffres correspondent à la moyenne des cinq dyades auquel il participe).

Participants	Intra-individuel			inter-individuel		
	Pente	Ordonnée	r <sup>2</sup>	Pente	Ordonnée	r <sup>2</sup>
1	225.3	-256	.93	186.6	-186.4	.94
2	194.0	-201.9	.93	202.4	-233.6	.94
3	158.1	-154.3	.94	179.3	-209.0	.93
4	235.0	-339.3	.96	190.9	-231.1	.95
5	275.5	-329.9	.92	199.6	-241.5	.94
6	228.7	-324.5	.93	179.2	-197.5	.92
<b>Moyenne</b>	<b>219.4</b>	<b>-267.6</b>	<b>.936</b>	<b>189.7</b>	<b>-216.5</b>	<b>.937</b>

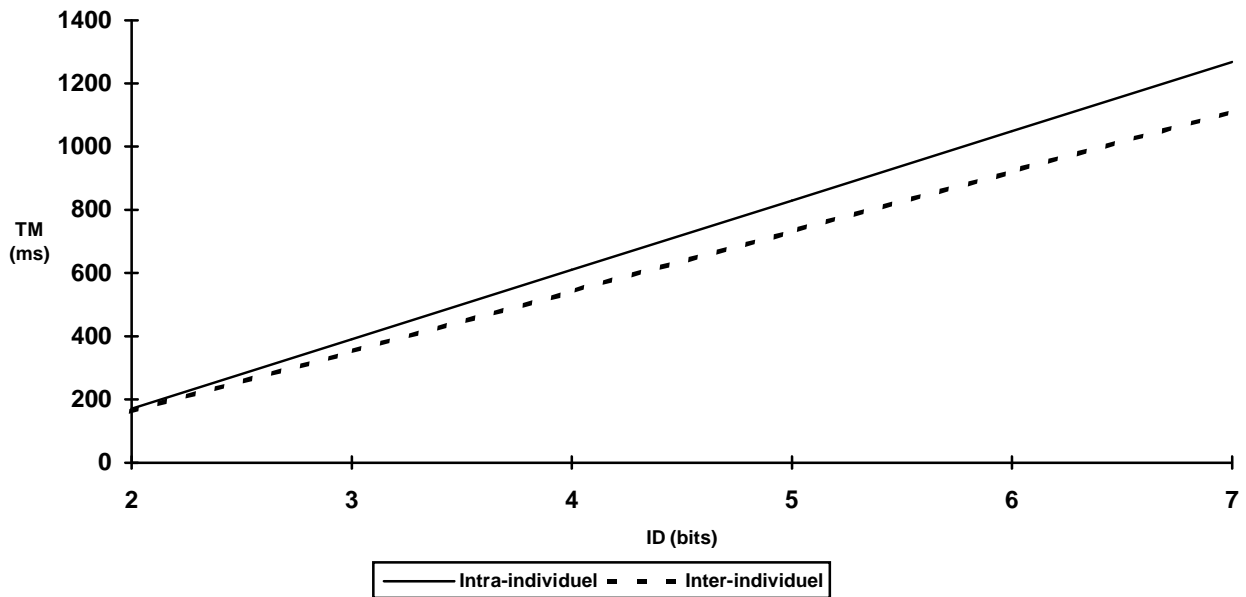


Figure 5 — Illustration des droites de régression linéaire de la loi de Fitts dans le cas intra-individuelle et dans le cas inter-individuelle

Dans le cas intra-individuel, cette expérience permet de confirmer la validité de la loi de Fitts pour la main droite, la main gauche et le cas bimanuel. De plus, elle montre la plus grande rapidité de la main droite par rapport à la gauche et de cette dernière par rapport au cas bimanuel.

Dans le cas inter-individuel, les résultats confirment l'adéquation à la loi de Fitts. La comparaison du cas inter-individuel avec le cas intra-individuel main droite permet de montrer qu'il est au minimum aussi performant et rapide (l'analyse *post-hoc* montre même une meilleure performance de la dyade). En plus d'être en adéquation avec la loi de Fitts, la coopération inter-

individuelle en dyade est aussi performante que le meilleur des cas en intra-individuel (main droite).

Ces résultats sur le pointage interactif coopératif (en dyade) permettent d'invalider les modèles complètement déterministe de l'échange vitesse-précision, comme le modèle déterministe de la correction itérative [Crossman et Goodeve, 1963/83]. Pour les modèles intégrant un ajustement initial, comme le modèle de la variabilité de l'impulsion [Schmidt et al., 1979] ou le modèle stochastique de sous mouvements optimisés [Meyer et al., 1988], ils doivent intégrer un processus d'anticipation permettant une coordination correcte de la dyade. Les mouvements des deux personnes doivent se synchroniser rapidement et précisément. Afin de les valider, des processus dynamiques d'anticipation motrice, permettant de prédire le lieu de rencontre entre le pointeur et la cible visée, doivent être intégrés à ces modèles.

De nombreux travaux ont généralisé la loi de Fitts à différents environnements (voir [Meyer et al., 1990]). Dans le contexte d'une interface graphique d'ordinateur, la loi de Fitts a été vérifiée pour des tâches de pointage en manipulant une souris, un stylet, ou un *trackball* avec la main droite ou la main gauche (voir [Kabbash et al., 1993 ; Kabbash et Buxton, 1995 ; MacKenzie et Buxton, 1992]). La validité de cette loi dans de nombreux contextes permet de spécifier l'ergonomie d'un grand nombre d'environnements. La taille et la distance des boutons de commande sur un panneau de contrôle d'une machine, ou sur un écran d'ordinateur, détermineront alors en grande partie le temps minimum requis pour les atteindre sans faire d'erreur. Ces temps minimums de mouvement pour atteindre des cibles sont dépendants notamment de la main choisie et du type de pointeur utilisé. Notre étude montre que ces considérations ergonomiques sont aussi généralisables à des cas de pointage coopératif faisant intervenir deux personnes. Cela concerne tout travail coopératif, c'est à dire toute action nécessitant l'intervention coordonnée de deux personnes afin d'atteindre un but commun.

Peu d'études ont porté sur la coordination des mouvements lors d'interactions "sociales", par exemple pour généraliser des comportements intra-individuels de transition de phase au cas d'une coordination inter-individuelle (voir [Schmidt et al., 1990, et 1994]). L'étude présentée ici se place dans le cadre d'une généralisation d'une loi de comportement intra-individuel (loi de Fitts) au cas de la coopération inter-individuelle. Du comportement individuel, la loi de Fitts se généralise donc à un comportement interactif entre deux personnes. Les deux participants doivent se synchroniser et se coordonner à la fois dans le temps et dans l'espace de façon précise et rapide. Cette généralisation possible d'une loi de comportement individuel au niveau "social", qualitativement différent, semble montrer "l'universalité" de la loi de Fitts.

Cette étude montre le caractère fondamental et général d'une loi reliant l'espace et le temps (comme la loi de Fitts) pour les mouvements de pointage, notamment les mouvements de pointage inter-individuel cycliques spatialement contraints.

## Références bibliographiques

[Crossman et Goodeve, 1983] Crossman, E. R. F. W., & Goodeve, P. J. (1983). Feedback control of hand-movement and Fitts' law. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A 251-278. Original work presented at the meeting of the Experimental Psychology Society, Oxford, England, July 1963.

[Fitts, 1954] Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381-391.

[Kabbash et al., 1993] Kabbash, P., MacKenzie I. S., Buxton, W. (1993). *Human Performance Using Computer Input Devices in the Preferred and Non-Preferred Hands*. Proceedings of interCHI '93, 474-481.

[Kabbash et Buxton, 1995] Kabbash, P., Buxton, W. (1995). *The "Prince" Technique: Fitts' Law and Selection Using Area Cursors*. Proceedings of CHI '95, 273-279, May 7-11.

[MacKenzie et Buxton, 1992] MacKenzie, S., Buxton, W. (1992). *Extending Fitts' Law to Two-Dimensional Tasks*. Proceedings of CHI '92, May 3-7, Monterey, CA.

[Meyer et al., 1988] Meyer, D. E., Abrams, R. A., Kornblum, S., Wright, C. E. & Smith, J. E. K. & (1988). Optimality in human motor performance: Ideal control of rapid aimed movements. *Psychological Review*, 95, 340-370.

[Meyer et al., 1990] Meyer, D. E., Smith, J. E. K, Kornblum, S., Abrams, R. A., & Wright, C. E. (1990). *Speed-accuracy tradeoffs in aimed movements: Toward a theory of rapid voluntary action*. In M. Jeannerod (Ed.), *Attention and Performance XIII* (pp. 173-226). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

[Schmidt et al., 1979] Schmidt, R. A., Zelaznik, H., Hawkins, B., Frank, J. S., & Quinn, J. T., Jr. (1979). Motor-output variability: a theory for the accuracy of rapid motor acts. *Psychological Review*, 86, 415-451.

[Schmidt et al., 1990] Schmidt, R. C., Carello, C., & Turvey, M. T. (1990). Phase transitions and critical fluctuations in the visual coordination of rhythmic movements between people. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 227-247.

[Schmidt et al., 1994] Schmidt, R. C., Christianson, N., Carello, C. & Baron, R. (1994). Effects of social and physical variables on between-person visual coordination. *Ecological Psychology*, 6(3), 159-183.

