
Choisir le dispositif de pointage le plus performant avec le *throughput*

Damien Sauzin

IRIT, Université Paul Sabatier
118, route de Narbonne
Toulouse, 31062 FRANCE
sauzin@irit.fr

Frédéric Vella

IRIT, CNRS 5505,
Université Paul Sabatier
118, route de Narbonne
Toulouse, 31062 FRANCE
vella@irit.fr

Nadine Vigouroux

IRIT, CNRS 5505,
Université Paul Sabatier
118, route de Narbonne
Toulouse, 31062 FRANCE
vigourou@irit.fr

Résumé

L'objectif de cet article est de décrire la méthode utilisée pour aboutir vers un algorithme de décision pour aider les personnes en situation de handicap et les ergothérapeutes à choisir un dispositif en adéquation avec les capacités de la personne. Pour ce faire, un ensemble de métriques et de modèles existe. Comment les utiliser pour choisir le bon couple dispositif / personne ? Nous avons utilisé le *throughput* comme critère de comparaison de dispositifs lors de deux expérimentations (expérience 1 : dispositif utilisé versus dispositif novice ; expérience 2 : les deux dispositifs sont novices). Les résultats obtenus dans l'expérience 2 montrent que ce critère à lui seul n'est pas suffisant pour choisir le dispositif le plus pertinent.

Mots clés

Throughput, Fitts, Dispositifs de pointage, Situations de handicap

Mot clés de la classification ACM

H.5.m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous.

Introduction

Il existe un grand nombre d'aides techniques pour répondre à des problèmes d'accessibilité sur ordinateur pour des personnes en situation de handicap moteur des membres supérieurs. Leur limitation motrice les empêche d'utiliser les dispositifs les plus courants tels

© ACM, 2015. This is the author's version of the work. It is posted here by permission of ACM for your personal use. Not for redistribution. The definitive version was published in Actes de la 27ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, 2015.
<http://dx.doi.org/10.1145/2820619.2825018>

que les claviers physiques et/ou la souris. Pour pallier les limitations d'utilisation des dispositifs de pointage, des configurations telles que la précision du pointeur, la vitesse de déplacement sont effectuées. Cependant il n'existe pas d'outils pour les ergothérapeutes qui leur faciliteraient le choix du dispositif de pointage et de son réglage le plus adapté aux capacités motrices résiduelles de la personne. La question qui se pose est de savoir comment choisir le dispositif de commande adapté à la personne ?

A partir de ce constat nous avons voulu essayer de répondre à cette question, en proposant un outil d'aide à la décision basée sur le *throughput* (en bits par seconde). Celui-ci est la quantité d'information que va transmettre l'utilisateur au système à travers son dispositif [7].

Le *throughput* est utilisé dans la littérature pour comparer des dispositifs. Dans cet article, premièrement nous le présentons, son origine découlant de la loi de Fitts [2], puis nous détaillons les différentes versions de *throughput* de la littérature. Nous décrivons ensuite un exercice de Fitts [2] réalisé avec la plateforme MPH [5]. Enfin nous discutons la pertinence des résultats obtenus avec les diverses formules du *throughput* comme indice de choix d'un dispositif.

État de l'art

Beaucoup de chercheurs en Interaction Homme-Machine ont utilisé le modèle proposé par Fitts [2]. « Card et al. » [1] ont montré que la loi de Fitts pour une tâche de pointage de cible virtuelle, sur un ordinateur, est valable.

La formule de Fitts (Formule 1) permet de prédire le temps d'un mouvement « MT » pour se déplacer entre un point initial vers une cible. « a » et « b » sont des valeurs empiriques qui décrivent le profil de l'utilisateur et du dispositif, elles se déterminent par régression linéaire. L'« ID » est l'indice de difficulté pour l'atteinte d'une cible (Formule 2). Sa valeur dépend de la distance de la cible « A » et de sa taille « W ».

$$MT = a + b * ID \quad (1)$$

$$ID = \log_2 \left(\frac{A}{W} + 1 \right) \quad (2)$$

Cette forme (Formule 1) de la loi de Fitts permet d'évaluer théoriquement et de comparer deux techniques d'interaction, mais elle est insuffisante dans notre cas puisqu'elle ne le fait pas pour un utilisateur mais pour un ensemble de personnes. Il est donc intéressant d'utiliser l'IDe (Formule 3) à la place de l'ID qui représente l'indice de difficulté effectif pour un enregistrement [9]. La formule a été réadaptée par la formulation de Shannon.

$$IDe = \log_2 \left(\frac{De}{4,1333 * SDx} + 1 \right) \quad (3)$$

« De » est la distance effective du mouvement. Elle représente la distance qu'a parcourue l'utilisateur pour atteindre une cible. SDx est l'écart-type des x, avec x qui représente la distance entre le lieu d'acquisition des cibles avec le centre de ces cibles. Puisque nous nous concentrons sur l'optimisation de l'interaction d'un utilisateur, la suite des formules n'utilisera plus que l'IDe.

C'est de ces formules que découle la notion de *throughput* (TP). Ce dernier permet de quantifier en « bits/seconde », le nombre d'actions réalisables avec un dispositif en fonction du temps. La formule (4) est :

$$TP = \frac{IDe}{MT} \quad (4)$$

Il existe plusieurs formulations de TP [7] :

$$TPa = \frac{\overline{IDe}}{\overline{MT}} \quad (5)$$

- Le TPa (Formule 5) correspond au Barycentre de l'ensemble des points de mesure sur la courbe de régression de Fitts. Il se calcule en fonction de la moyenne des IDE divisée par la moyenne des MT.

$$TPb = \frac{1}{b} \quad (6)$$

- La valeur empirique « a » représente l'aspect non informationnel pour l'évaluation d'un dispositif de pointage [8]. En considérant « a » comme nul il est possible de simplifier IDE et MT pour obtenir la formule 6 TPb. Toutefois, TPb ne répond pas à nos objectifs, nous ne nous limitons pas uniquement à l'évaluation d'un dispositif, mais également à la prise en compte de la personne dans l'évaluation.

$$TPc = \overline{TPi} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{IDi}{MTi}}{n} \quad (7)$$

- La dernière formulation est TPc (formule 7). Elle calcule pour chacun des enregistrements le *throughput*, et en fait la moyenne.

Dans l'optique d'une comparaison de différentes techniques d'interaction pour un utilisateur, les TPa et TPc permettent de calculer la quantité d'information

nécessaire à la réalisation des tâches dans un certain temps. Comment les utiliser en tant qu'indice de calibration ou d'adéquation pour des personnes en situation de handicap moteur? Et comment vérifier qu'ils sont de bons indices ?

L'étude [4] rapporte que le *throughput* de la souris est meilleur que celui du *touchpad* et du *trackball* et que ces deux derniers sont équivalents. L'étude [6] confirme que le *throughput* de la souris est meilleur que celui du *trackball* pour les personnes valides ainsi que les personnes en situation de *handicap* [6]. Nous allons reprendre ces mêmes dispositifs et étudier la pertinence des *throughput* comme indice d'aide à la sélection du dispositif le plus adapté à la personne.

Protocole d'expérimentation

Nous proposons d'effectuer un exercice de Fitts en utilisant la plateforme MPH (Figure 1) [5] qui propose un exercice d'atteinte de cibles.

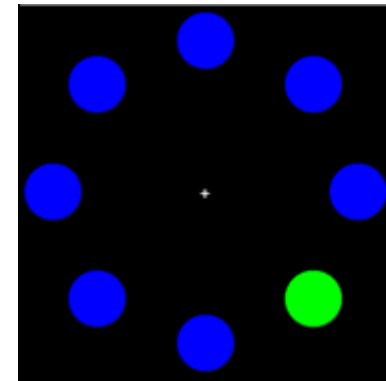


Figure 1. Illustration d'un exercice MPH.

Une atteinte de cible débute au centre de l'interface MPH et le déplacement s'effectue vers la cible qui s'allume aléatoirement. Au cours de l'exercice le sujet devra atteindre 2 fois les 8 cibles, de 15 couples de cibles de tailles et de distances différentes. Les 15 couples ont été empruntés à Wobbrock [6], qui a proposé un exercice similaire avec des personnes avec divers degrés de handicap moteur. L'objectif étant que des personnes en situation de handicap puissent effectuer l'exercice MPH d'atteinte de cibles.

Nous avons identifié deux situations dont découlent les deux évaluations décrites ci-dessous :

- La première expérience a pour objectif de démontrer que le *throughput* est un critère de décision pour le dispositif expert. L'expérience consiste à comparer l'utilisation d'un dispositif novice versus un dispositif expert. 18 sujets valides experts dans l'utilisation de la souris et novices dans l'utilisation d'un *trackball* ont participé à cette expérimentation. Ils ont effectué 2 fois l'exercice MPH : pour une moitié en premier avec une souris, suivi du *trackball* et l'autre moitié inversement.
- La deuxième expérience vise au même objectif que la première expérience mais pour deux dispositifs novices. 23 sujets valides a priori novices pour l'utilisation d'un *trackball* et d'un *touchpad* ont participé à cette deuxième expérience. Cependant 10 utilisateurs ont reconnu au cours de l'expérimentation avoir déjà utilisé un *touchpad*. En effet le terme *touchpad* a été mal compris malgré un descriptif correct et complet. Ces 10 sujets ont été exclus dans la présentation des résultats.

Il a été demandé à chaque sujet pour chaque dispositif, de choisir la calibration qui leur semble la plus utilisable. En effet, dans le protocole il est décrit que chaque personne handicapée est unique, et par conséquent que chacune n'aura pas une calibration identique pour le confort de l'interaction. Durant les exercices nous avons récupéré toutes les traces de mouvement du curseur pour calculer les *throughput*.

Le test de Shapiro-Wilk a montré que la distribution des données des TP a et c était normale. Cette normalité nous permet d'étudier la différence significative à travers une analyse des variances (ANOVA).

L'expérimentation a été complétée par des questionnaires, sur le ressenti de la fatigue lors de l'utilisation de chacun des dispositifs. A la fin il a été demandé aux sujets de sélectionner un dispositif, tout en précisant les 3 critères parmi 6 critères (Force, Précision, Vitesse, Maniabilité, Confort et Effort) qui ont induit la sélection.

Résultats et Discussion

La première expérimentation a comparé la souris au *trackball*. L'hypothèse que nous formulons est que la souris est un dispositif plus performant que le *trackball* pour tous nos sujets valides. Cette performance traduit l'expertise de l'utilisation du dispositif par le sujet.

La Figure 2 représente pour chacun des sujets la différence entre le TPa souris et le TPa trackball, de même pour TPc. Dans le cas de cette expérimentation les différences pour les 18 sujets ont des valeurs positives. Une valeur positive donne l'avantage pour la souris. Ceci est conforté par une analyse ANOVA à un facteur qui nous donne une différence significative de

p-value pour le TPa de $1,235e^{-05}$ et pour le TPc de $6,815e^{-06}$. Ce résultat d'identification du dispositif le plus performant au moyen des divers *throughput* confirme les résultats de la littérature [4] et notre hypothèse pour cette population d'étude.

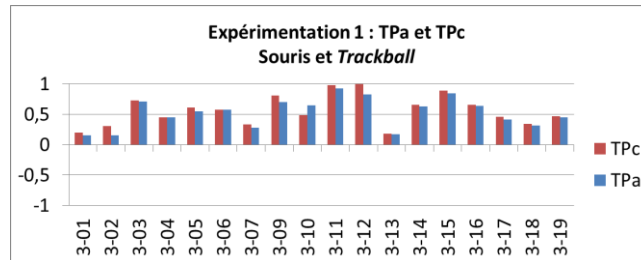


Figure 2. Les *throughput* de l'expérimentation 1

La deuxième expérimentation a pour but de vérifier l'utilisation des *throughput* en tant que valeur de décision. Nous avons conservé le *trackball* peu connu du grand public et ajouté le *touchpad* qui est présent sur la majorité des ordinateurs portables.

. Les résultats de la Figure 3 montrent que les différences sont plus proches de la valeur 0 que pour l'expérimentation 1. Une valeur de 0 signifie que les dispositifs seraient équivalents en termes de performance.

On notera que pour les sujets 6-01 et 6-06, les deux valeurs TPa et TPc sont en désaccord sur le dispositif le plus performant car l'un est positif et l'autre est négatif.

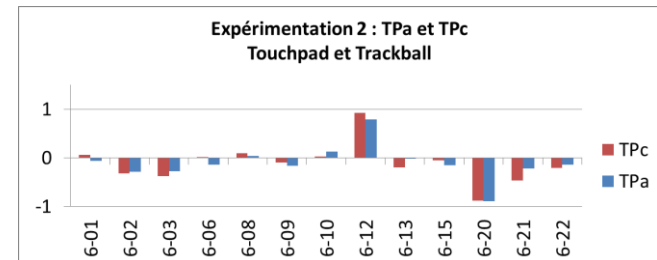


Figure 3. Les *throughput* de l'expérimentation 2

En effet, il est important de se questionner sur le résultat à proximité de la valeur 0 : quel indice de confiance devons nous accorder au *throughput* lorsqu'il se rapproche de 0 ?

Ceci nous amène à suggérer que les *throughput* doivent être complétés par d'autres paramètres pour la sélection de dispositif.

De plus l'analyse ANOVA à un facteur montre que les *throughput* a et c ne sont pas significatifs, respectivement avec une p-value de 0,5633 et de 0,5527. Une analyse par sujet devra compléter cette étude globale.

Conclusion

Le *throughput* n'a pas permis de déterminer le dispositif le mieux adapté pour tous les sujets puisqu'il y a pour certains sujets un désaccord entre TPa et TPc. Il va être important dans la suite de ce travail de sélectionner le meilleur *throughput*, et d'ajouter d'autres métriques lorsque le *throughput* sélectionné ne sera pas décisif.

L'une des pistes à suivre dans l'analyse des expérimentations est l'étude de métriques de sous mouvement de MacKenzie et al. [4], qui permettent

d'observer des variations dans les mouvements. Ces métriques sont à croiser avec les questionnaires, pour vérifier la cohérence des données entre ressentis et résultats quantitatifs.

Il faudra aussi appliquer le protocole auprès de personnes en situation de handicap afin de vérifier que le *throughput* et d'autres métriques que nous associerons permettront de décider d'un dispositif en adéquation avec les capacités motrices de la personne.

Remerciements

Nous remercions les 42 sujets qui ont participé aux expérimentations sur la plateforme MPH. Ce travail est financé par le GIS « Atouts pour Tous » dans le cadre du doctorat de Damien Sauzin.

Références

- [1] Card, S.K., English, W.K., Burr, B.J., "Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, step keys, and text keys for text selection on a CRT". *Ergonomics* 21, 1978, 601-613
- [2] Fitts P.M., The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of the movement, *Journal of experimental psychology*, 47, 1954, 381-391
- [3] MacKenzie, I.S., Movement time prediction in human-computer interfaces. *Proceedings of Graphics Interface '92.*, 7(1), 1992
- [4] MacKenzie, I.S., Kauppinen, T., and Silfverberg, M., Accuracy measures for evaluating computer pointing devices. *Proceedings of the ACM Conference*

Ces travaux permettront à terme de définir un algorithme de décision pour aider les ergothérapeutes dans la sélection d'un dispositif pour des personnes en situation de handicap et de les aider dans la configuration de ces derniers voire de les automatiser.

on Human Factors in Computing Systems - CHI 2001, 2001, 9-16

[5] MPH.

<http://www.irit.fr/MPH/>

[6] Wobbrock, J.O., and Gajos, K.Z., Goal crossing with mice and trackballs for people with motor impairments: Performance, submovements, and design directions. *ACM Transactions on Accessible Computing* 1 (1). Article No. 4, 2008

[7] Zhai, S., On the validity of Throughput as a characteristic of computer input, *Computer Science*, 2002

[8] Zhai, S., Characterizing computer input with Fitts' law parameters - The information and non-information aspects of pointing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 61(6), 2004, 791-809

[9] Zhai, S., Kong, J., and Ren, X. Speed-accuracy trade-off in Fitts' law tasks — On the equivalency of actual and nominal pointing precision. *Japan International Journal of Human-Computer Studies*, 61(6), 2004, 823-856