



Texte original*.

Prise en compte de la chronobiologie dans le domaine des IHM

Hugo NGUMA

Laboratoire d'Anthropologie, Psychologie Cliniques, Cognitives et Sociales, Nice, France.
NAVAL GROUP Research/CEMIS
Technopole de la Mer 199 Avenue Pierre-gilles de Gennes 83190, Ollioules, France.
hugo.nguma@naval-group.com

Dès les années 70, Pierre Cazamian attire l'attention sur la prise en compte de la temporalité et des besoins biologiques de l'individu dans le domaine de l'ergonomie. Depuis, de nombreuses études ont montré l'impact du rythme circadien sur la performance individuelle. Le sujet de la chronobiologie, avec ou sans inclusion des caractéristiques individuelles, n'est que très peu étudié dans le domaine des IHM. L'étude présentée ici permet de vérifier dans un contexte IHM, l'apport de la prise en compte du chronotype dans une étude sur les effets du moment de la journée, et d'introduire les premiers résultats sur l'existence potentielle d'un effet de synchronie dans ce même contexte. Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un travail plus large sur la réalisation des IHM adaptatives tenant compte de l'effet de synchronie.

Mots-clés : état d'activation – rythme circadien – différences interindividuelles

Taking into consideration chronobiology within the HMI field.

Back in the 70s, Pierre Cazamian brought attention to the importance of considering the temporality and biological needs of individuals in the ergonomic field. Since then, many studies have shown the impact of the circadian rhythm on individual performance. The subject of chronobiology, with or without the inclusion of individual characteristics, has been poorly investigated in the HMI field. The study presented here enables the verification, in an HMI context, of the contribution of the chronotypes inclusion, and introduces the first results on potential existence of a synchrony effect. This study is part of a larger work on the creation of adaptative HMI related to the synchrony effect.

Keywords: Arousal-Circadian rhythm-Individual differences.

*Ce texte original a été produit dans le cadre du congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française qui s'est tenu à Tours, les 25, 26 et 27 septembre 2019. Il est permis d'en faire une copie papier ou digitale pour un usage pédagogique ou universitaire, en citant la source exacte du document, qui est la suivante :

(2019). Prise en compte de la chronobiologie dans le domaine des IHM. Actes du 54^{ème} Congrès de la SELF, Université de l'Ergonomie : Comment contribuer à un autre monde ? Tours, 25, 26 et 27 septembre 2019

Aucun usage commercial ne peut en être fait sans l'accord des éditeurs ou archiveurs électroniques. Permission to make digital or hard copies of all or part of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page.

INTRODUCTION

Dans différents domaines, tels que l'éducation (Leconte, 1988) ou la conduite (Lenné, Triggs, & Redman, 1997), les études montrent une variation du niveau de performance en fonction du moment de la journée, liée à une variation du niveau de vigilance. Or, le rythme circadien évolue différemment en fonction des individus (Matchock & Mordkoff, 2009). De ce fait, certains chercheurs plaident pour la prise en compte systématique des différences interindividuelles dans les études sur les effets du moment de la journée (Van Dongen, Vitellaro & Dinges, 2005). Un effet de synchronie a été mis en évidence dans les performances cognitives dans des tâches impliquant notamment la mémorisation (May, Hasher, & Stoltzfus, 1993), l'attention visuospatiale (Dorrian, McLean, Blanks, & Loetscher, 2017) ou la prise de décision (May, 1999). Cet effet de synchronie serait surtout présent dans les tâches incluant les capacités d'inhibition (May, 1999). Ces études reportent des meilleures capacités d'inhibition dans les périodes optimales, c'est-à-dire lorsqu'il existe une congruence entre le moment de la journée et la rythmicité circadienne de l'individu déterminée par le chronotype.

Le travail présenté ici a pour but d'étendre les études sur l'effet de synchronie à l'Interaction Homme-Machine, et à des tâches plus complexes impliquant la charge mentale et la conscience de la situation. Il s'inscrit dans une étude plus large qui prend en considération l'effet de synchronie sur le niveau de vigilance, la charge mentale et la conscience de la situation. La finalité est la production de données pouvant permettre la création de modèles utilisateurs intégrant le chronotype et le moment de la journée.

La présente étude a pour objectif de comparer les données sur les effets du moment de la journée sur le niveau de vigilance et le comportement en IHM avec ou sans prise en compte du chronotype.

CADRE EXPÉRIMENTAL

Population

Cent deux personnes ont complété en ligne la version française du questionnaire de typologie circadienne de Horne & Östberg (1976). Il s'agissait de 47 femmes et 55 hommes, âgés de 22 à 63 ans [$M=40$; $ET=11,18$].

Parmi ceux-ci, 62 personnes sélectionnées pour leurs chronotypes, ont accepté de poursuivre l'étude ; 26 femmes et 36 hommes, âgés de 23 à 58 ans [$M=40,15$; $ET=10,56$]. En nous inspirant des études sur l'effet de synchronie de May & Hasher (2017) et May (1999), les participants sont répartis sur deux moments de la journée (voir tableau 1), la période du matin débutant entre 8h00 et 9h00 et la période du soir débutant entre 16h30 et 18h. Les périodes optimales dépendent du chronotype et correspondent au matin pour les chronotype du matin, et le soir pour les chronotypes du soir. Les participants neutres ne réalisant jamais la tâche dans leur période optimale, sont ici considéré comme population contrôle. Pendant les deux moments de la journée, les participants réalisent la même expérimentation avec une variation de l'ordre d'enchaînement des tâches.

Tableau 1. Répartition de la population lors de l'expérimentation en fonction du chronotype et du moment de passation.

	Matin	Soir	Total
Nettement du matin	-	1	1
Modérément du Matin	17	16	33
Neutres	9	11	20
Modérément du Soir	2	5	7
Nettement du soir	1	-	1
Total	29	33	62

L'étude étant réalisée en semaine, les participants du matin arrivaient avant d'entamer leur journée de travail, tandis que les participants du soir se rapprochaient de la fin de leur journée de travail.

Tâche expérimentale

Les participants réalisent 3 tâches (variant en niveau de difficulté) inspirées du WCT (Warship Commander Task) (Izzetoglu, Bunce, Izzetoglu, Onaral, & Pourrezaei, 2007).

Figure 1. Capture d'écran de l'interface du support d'expérimentation.



Les participants avaient pour consigne principale l'évitement des navires alliés représentés par une couleur verte et la destruction des navires ennemis représentés en rouge ayant une distance au porteur égale ou inférieure à 150 m. Un clic sur un navire permettait de le sélectionner afin de connaître sa distance par rapport au porteur, et d'enclencher la destruction si nécessaire (Voir figure 1). Le clic peut être réalisé à tout moment, et indique dynamiquement l'évolution de la distance au porteur.

Une phase d'entraînement sur l'IHM permettant de mettre en pratique les différentes fonctionnalités était mise en place avant le début des tâches.

Les niveaux de difficulté étaient déterminés par le nombre de navires présents sur l'interface, la vitesse et le nombre des navires alliés à éviter, le nombre de navires ennemis à détruire. Ces 3 niveaux ont été validés par un groupe témoin.

Pour permettre de travailler sur la conscience de la situation, la tâche était dynamique et le participant avait la possibilité de déplacer son navire (porteur) dans deux directions : gauche et droite

Mesures

Des échelles AC ADL (Thayer, 1986) sont complétées en début et après chaque tâche, ce qui permet d'obtenir 4 échelles par participant.

Les chronotypes des participants sont obtenus à l'aide d'une version numérique du questionnaire de typologie circadienne de Horne et Östberg (1976). Ce questionnaire permet d'obtenir un score qui catégorise l'individu parmi 5 typologies circadiennes, ou chronotypes, que sont : les nettement du matin, les nettement du soir, les modérément du matin, les modérément du soir et enfin les neutres.

Les mesures recueillies sont :

- Le temps de réaction. Il s'agit de l'écart entre le moment où le navire ennemi atteint la zone des 150 m et sa destruction.
- Le nombre de collisions, correspondant au nombre de contacts entre un navire allié et le porteur.
- Le nombre de navires sélectionnés après 150 m comptabilise le nombre de navires ennemis sur lesquels l'action de sélection par un clic est réalisée lorsque celui-ci se trouve déjà en dessous de la limite des 150 m.

RÉSULTATS

Variations du niveau de vigilance subjectif

Le tableau 2 indique les résultats obtenus en effectuant un test de Mann-Whitney sur les différentes variables. Nous pouvons remarquer que pour les participants modérément du matin, le niveau subjectif de vigilance est supérieur dans les périodes optimales (Mdn = 2,67) en comparaison aux périodes non optimales (Mdn = 2,14).

Le matin, les individus au chronotype modérément du matin (en période optimale) ont un niveau de vigilance supérieur (Mdn = 2,67) au niveau de vigilance des neutres (Mdn = 1,87).

Lorsque le chronotype n'est pas pris en compte, le niveau de vigilance subjectif moyen ne varie pas significativement entre le matin (Mdn = 2,14) et le soir (Mdn = 2,29).

Tableau 2. Report des valeurs de U et valeurs de p de Mann-Whitney.

Variable	Effet	Valeur de U	Valeur de p
Indice du niveau de vigilance subjectif	Matin x Soir	7201	0,836
	Optimale x Non optimale	2731	0,038
	Optimale x Autres	4800	0,001
	Non optimale x Autres	6704	0,92
	Optimale x Non optimale x Modérément du matin	4800	0,001
	Matin x Soir x Neutres	667	0,226
	Matin x Modérément du matin x Neutres	318	<0,001
	Soir x Modérément du matin x Neutres	737,5	0,916
Nombre de navires ennemis sélectionnés après 150 m	Matin x Soir	59,5	0,029
	Optimale x Non optimale x Modérément du matin	11,5	0,008
	Tâche facile x Optimale x Non optimale x Modérément du matin	40	1
	Tâche moyennement difficile x Optimale x Non optimale x modérément du matin	24	0,12
	Tâche difficile x Optimale x Non optimale x Modérément du matin	15,5	0,016
	Tâche facile x Matin x Soir x Neutres	27,5	0,922
	Tâche moyennement difficile x Matin x Soir x neutres	20,5	0,3
	Tâche difficile x Matin x Soir x Neutres	27	0,627

Les résultats significatifs sont indiqués en gras.

Effet de synchronie et indicateurs de performance.

Tableau 3. Répartition de la population en fonction du chronotype et du moment de passation.

	Matin	Soir	Total
Modérément du Matin	9	8	17
Neutres	8	7	15
Total	17	15	32

Seule une partie des participants est incluse dans cette analyse (voir tableau 3). Les participants ayant détruit les navires ennemis trop tôt notamment ne sont pas inclus. Parmi les différents indicateurs recueillis, seul le nombre d'ennemis sélectionnés après la limite des 150 m montre des données significativement différentes en fonction des situations testées.

Le nombre d'ennemis sélectionnés après la limite des 150 m est supérieur le matin ($M_n = 3$) par rapport à l'après-midi ($M_n = 2$). Pour les modérément du matin, le nombre d'ennemis sélectionnés après la limite est supérieur en période optimale ($M_{dn} = 3$) par rapport à la période non optimale ($M_{dn} =$

2). Lorsque nous intégrons le niveau de difficulté des tâches, le nombre d'ennemis sélectionné après la limite est supérieur pour les participants en période optimale ($M_{dn} = 2,11$) que pour les participants en période non optimale ($M_{dn} = 1,25$), seulement pour la tâche la plus difficile.

DISCUSSION

Les objectifs de cette étude étaient d'une part de comparer les effets des moments de la journée sur le niveau de vigilance en fonction de la prise en compte du chronotype, et d'autre part, de vérifier l'existence ou non d'un effet de synchronie sur une tâche inspirée du WCT.

La principale limite de l'étude se trouve dans le nombre de participants et de leur variété. En effet, il a été difficile d'obtenir un nombre suffisant de participants modérément du soir pour pouvoir comparer les résultats à ceux des modérément du matin.

Pour le niveau de vigilance, les résultats montrent une évolution du niveau de vigilance similaire à la littérature

(Matchwok & Mordkoff, 2009). Nous retrouvons des niveaux de vigilance supérieurs durant les périodes optimales et des niveaux similaires au niveau de participants neutres durant les périodes non optimales. Notre intérêt ici était de comparer les résultats des niveaux de vigilance des deux périodes selon la prise en compte ou non des différences interindividuelles. Dans notre cas, nous ne remarquons aucune différence significative entre les niveaux de vigilance des participants le matin et les niveaux de vigilance des participants de l'après-midi. Une différence apparaît cependant, comme dans la littérature, chez les participants ayant un chronotype du matin. Ces résultats nous confortent dans l'idée qu'il serait intéressant pour les études sur les effets du moment de la journée, de prendre en compte le chronotype des participants afin de vérifier si ces résultats plutôt que d'être imputables à tous les participants ne seraient pas dus à une majorité d'un chronotype particulier.

Les indices de performance montrent un effet de synchronie avec une variation du nombre de clics après la limite des 150 m. Une analyse plus approfondie permet de remarquer que ce résultat ne concerne que les participants modérément du matin lors de la réalisation de la tâche difficile.

Durant les tâches assignées et plus particulièrement durant la tâche difficile, les participants peuvent à plusieurs reprises se retrouver dans une situation conflictuelle entre l'évitement de la collision avec un navire allié et la destruction d'un navire ennemi. Pour tenter d'expliquer le phénomène, nous pouvons citer quelques pistes issues de la littérature. Ainsi, la principale explication aux effets de synchronie est la présence d'une déficience d'inhibition chez les individus en situation non optimale (May & Hasher, 1998). Cette déficience affectant notamment la sensibilité à la distraction qui est plus forte pour les participants en période non optimale. En partant de ce constat et en travaillant sur les conclusions des

différentes études sur l'effet de synchronie, Briganti (2013) propose la variabilité de stratégie d'allocation des ressources à la tâche comme explication de l'effet de synchronie. Afin de vérifier cette proposition, Briganti a mis en place deux études sur l'effet de synchronie dans un contexte de double tâche. Les deux paradigmes choisis étaient le *Psychological refractory period* et une double tâche de mémoire explicite. La conclusion de Briganti (2013) est une absence d'effet de synchronie sur l'allocation des ressources attentionnelles lorsque l'analyse rassemble les participants au chronotype du matin et les participants au chronotype du soir. Une tendance apparaît cependant pour les participants au chronotype du soir lorsque les deux chronotypes sont étudiés séparément. Les études complémentaires sur l'existence d'un effet de synchronie sur l'allocation des ressources sont cependant absentes. Dans notre contexte, le participant a la possibilité de sélectionner le navire à tout moment, tandis qu'il doit en parallèle gérer les risques de collision avec les navires alliés. Un plus grand nombre de navires sélectionnés tardivement pour les participants en période optimale pourrait donc s'expliquer par une stratégie d'allocation des ressources différente. Si tel est le cas, il est possible d'imaginer une IHM adaptative prenant en compte l'effet de synchronie en variant les informations mises en avant pour favoriser la stratégie d'allocation de l'opérateur en fonction du moment de la journée et de la difficulté de la tâche à réaliser.

CONCLUSION ET MISE EN PERSPECTIVE

Les résultats de l'étude montrent l'existence d'un effet de synchronie affectant principalement les participants à la typologie circadienne modérément du matin lors de la tâche la plus complexe. Une des motivations derrière la réalisation des IHM adaptatives est celle de la prise en compte des différences interindividuelles (Aykin &

Aykin, 1991) afin de produire des interactions homme-machine permettant de répondre aux changements de comportement dus à des variations de l'état interne et pouvant affecter la performance. Les résultats obtenus motivent l'intérêt de l'effet de synchronie dans ce cadre. Ces résultats doivent néanmoins être complétés par des données supplémentaires afin de permettre la mise en place des modèles utilisateurs prenant en compte le chronotype, le moment de la journée et les caractéristiques de la tâche et faisant le lien entre ces caractéristiques et des modifications dans l'IHM. S'il s'avère que les stratégies d'allocation de ressources attentionnelles varient en fonction de l'effet synchronie, on pourrait par exemple proposer une interface dont les caractéristiques puissent faciliter cette allocation pour les individus en période non optimale.

La prise en compte de la chronobiologie dans le domaine des IHM et la conception des IHM adaptatives permettra d'améliorer l'interaction entre l'homme et ses outils informatiques, en mettant au service de l'utilisateur les avancées dans les domaines informatiques tels que l'intelligence artificielle ou la science des données. Ces derniers rendent possible la conception d'interface intelligente capable d'inférer, à partir de modèles utilisateurs, l'état de l'opérateur et les modifications à apporter sur l'interface ou sur les modalités d'interaction.

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, J. A., Campbell, K. L., Amer, T., Grady, C. L., & Hasher, L. (2014). Timing is everything: Age differences in the cognitive control network are modulated by time of day. *Psychology and aging*, 29(3), 648.
- Aykin, N. M., & Aykin, T. (1991). Individual differences in human-computer interaction. *Computers & industrial engineering*, 20(3), 373-.
[http://dx.doi.org/10.1016/0360-8352\(91\)90009-U](http://dx.doi.org/10.1016/0360-8352(91)90009-U)
- Briganti, A. M. (2013). *Time of day preferences and resource allocation* (Thèse de doctorat). LSU, Louisiana
- Horne, J. A., & Östberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythms. *International journal of chronobiology*.
- Izzetoglu, M., Bunce, S. C., Izzetoglu, K., Onaral, B., & Pourrezaei, K. (2007). Functional brain imaging using near-infrared technology. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 26(4), 38.
<http://dx.doi.org/10.1109/MEMB.2007.384094>
- Matchock, R. L., & Mordkoff, J. T. (2009). Chronotype and time-of-day influences on the alerting, orienting, and executive components of attention. *Experimental brain research*, 192(2), 189-198.
<http://dx.doi.org/10.1007/s00221-008-1567-6>
- May, C. P. (1999). Synchrony effects in cognition: The costs and a benefit. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6(1), 142-147.
<http://dx.doi.org/10.3758/BF03210822>
- May, C. P., & Hasher, L. (2017). Synchrony affects performance for older but not younger neutral-type adults. *Timing & Time Perception*, 5(2), 129-148.
<http://dx.doi.org/10.1163/22134468-00002087>
- Van Dongen, H. P., Vitellaro, K. M., & Dinges, D. F. (2005). Individual differences in adult human sleep and wakefulness: Leitmotif for a research agenda. *Sleep*, 28(4), 479-498.
<http://dx.doi.org/10.1093/sleep/28.4.479>