



HAL
open science

Échelle de cognition numérique (NUMERICOG)

Jérémy Virgo, Franck Tarpin-Bernard, Stephanie De Chalvron, Emanuelle Reynaud, Joan Fruitet, Richard Palluel-Germain, Guillaume T. Vallet, François Osiurak

► **To cite this version:**

Jérémy Virgo, Franck Tarpin-Bernard, Stephanie De Chalvron, Emanuelle Reynaud, Joan Fruitet, et al.. Échelle de cognition numérique (NUMERICOG). *European Review of Applied Psychology / Revue Européenne de Psychologie Appliquée*, 2023, 73 (4), pp.100873. <10.1016/j.erap.2023.100873>. <hal-04104751>

HAL Id: hal-04104751

<https://hal.science/hal-04104751v1>

Submitted on 9 Jul 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Digital Cognition Scale (NUMERICOG)

Jérémy Virgo^{1,2}, Franck Tarpin-Bernard², Stéphanie de Chalvron^{2,3}, Emanuelle Reynaud¹,
Joan Fruitet², Richard Palluel-Germain⁴, Guillaume T. Vallet⁵, & François Osiurak^{1,6}

¹Laboratoire d'Étude des Mécanismes Cognitifs (EA3082), Université de Lyon, Lyon, France

²Humans Matter, France

³Laboratoire Paragraphe (EA349), Université Paris 8, Paris France

⁴Université Grenoble Alpes, Université Savoie Mont Blanc, CNRS, LPNC, Grenoble, France

⁵Université Clermont-Auvergne, CNRS, LAPSCO, Clermont-Ferrand, France

⁶Institut Universitaire de France, Paris, France

Correspondance

François Osiurak, Laboratoire d'Etude des Mécanismes Cognitifs (EA 3082), Institut de
Psychologie, 5, avenue Pierre Mendès-France, 69676 Bron Cedex, France.

Courriel: Francois.Osiurak@univ-lyon2.fr

Résumé

Introduction : Le développement des technologies numériques pose la question de leur impact sur nos capacités neurocognitives. Pour répondre à cette question, un premier jalon essentiel est de pouvoir caractériser les fonctions cognitives qu'un individu cherche à suppléer à l'aide du numérique.

Objectif : L'objectif de cette étude était de développer un instrument psychométrique, l'échelle de cognition numérique NUMERICOG, permettant de contribuer à ce premier jalon.

Méthode : Notre méthodologie s'est déroulée en quatre étapes. Tout d'abord, nous avons recueilli à travers une enquête (Étape 1) les usages du numérique déclarés par des participants ($n = 160$), nous permettant de générer 94 items que nous avons ensuite triés (Étape 2) afin d'obtenir une version de notre échelle en 24 items ($n = 392$). Les qualités psychométriques de celle-ci ont ensuite été testées (Étape 3 ; $n = 754$) afin d'aboutir à la création de normes pour l'échelle (Étape 4 ; $n = 1132$).

Résultats : Cette échelle se décompose en quatre sous-échelles permettant l'évaluation de la propension d'un individu à utiliser le numérique pour suppléer sa cognition socio-émotionnelle, sa prise de décision, sa mémoire sémantique, et sa mémoire épisodique/ses fonctions exécutives.

Conclusion : Cette échelle étant validée au niveau psychométrique, celle-ci peut être désormais employée pour débiter l'investigation des retombées de nos usages numériques sur les quatre fonctions cognitives ciblées par l'échelle.

Mots-Clefs : Technologie Numérique ; Cognition étendue ; Psychométrie.

Abstract

Introduction: The development of digital technologies raises the question of their impact on our neurocognitive abilities. To answer this question requires first to identify the cognitive functions that individuals attempt to support by using digital technologies.

Objective: The objective was to develop a psychometric tool, the Digital Cognition Scale NUMERICOG, allowing us to identify these cognitive functions.

Methods: We followed a four-step method. First, we conducted a survey (Step 1) to collect spontaneous uses of digital technologies ($n = 160$), allowing us to generate 94 items that we have subsequently sorted (Step 2) to produce a 24-item scale ($n = 392$). The psychometric qualities of our model were then tested (Step 3: $n = 754$) to obtain norms (Step 4; $n = 1132$).

Results: The scale consisted of four sub-scales that assess the propensity of an individual to use digital technologies to support their socio-emotional cognition, decision making, semantic memory, and episodic memory/executive functions.

Conclusion: The scale can be used to start the investigation of the consequences of our use of digital technologies on the four aforementioned cognitive functions.

Keywords: Digital technology; Extended cognition; Psychometrics

1. Introduction

« Père des caractères de l'écriture [...] c'est l'apparence et non la réalité du savoir que tu procures à tes disciples, car comme tu leur permets de devenir érudits sans être instruits, ils paraîtront pleins de savoirs, alors qu'en réalité ils seront le plus souvent ignorants et d'un commerce insupportable, car ils seront devenus de faux savants. » *Platon* (360 av. J.-C.)

« Un jour, quelqu'un demanda à Einstein quelle était la vitesse du son, une question relativement triviale pour un physicien de sa stature. Einstein admit ne pas connaître la réponse, suggérant qu'il n'avait pas à se rappeler d'une telle information puisqu'elle était disponible dans les ouvrages. » *Isaacson* (2007)

L'évolution de la technologie humaine est inégalée dans le règne animal, nous permettant progressivement de nous propager sur l'ensemble de la surface du globe ou de voyager dans l'espace, un phénomène appelé culture technologique cumulative (Boyd et al., 2011 ; Osiurak, Claidière, & Federico, 2022 ; Osiurak, Lasserre, et al., 2021 ; Osiurak & Reynaud, 2020). Cette évolution ne concerne pas uniquement le développement d'outils physiques, utiles pour augmenter nos capacités physiques (e.g., outil en pierre taillée, couteau, marteau), mais également la création d'outils cognitifs, à savoir des outils qui visent à augmenter nos capacités cognitives (e.g., boulier, agenda, calculatrice ; Osiurak et al., 2018). Plus récemment, nous avons connu l'essor des technologies numériques (désormais appelées « le numérique »), qui renvoient à n'importe quelle technologie utilisant des ressources digitales utiles pour trouver, analyser, créer ou communiquer des informations de toute sorte. Une question fondamentale est de savoir comment l'usage du numérique pourrait, au cours du temps, façonner nos capacités neurocognitives, que ce soit en les étendant, les étayant, ou les remplaçant. Puisqu'il est impossible de trancher *a priori* sur la nature de cette interaction, qui pourrait aussi dépendre de la fonction cognitive concernée, nous emploierons le terme générique « suppléer » pour décrire de façon générale cette interaction. Répondre à cette question nécessite un premier jalon consistant à préciser les fonctions cognitives concernées par cet usage et la propension qu'un individu a à

employer le numérique pour suppléer ces fonctions cognitives, faisant alors du numérique un outil cognitif. L'objectif de la présente étude était de contribuer à ce premier jalon, en proposant l'échelle de cognition numérique NUMERICOG visant à caractériser la propension d'un individu à utiliser le numérique pour suppléer ses fonctions cognitives. Si l'intérêt de cette échelle est avant tout de faire progresser les recherches à un niveau fondamental sur la question, il est évident que celle-ci peut aussi être utile à des fins appliquées, dans le cadre, par exemple, de programmes de détection et de prévention ou de travaux d'ergonomie cognitive.

Un nombre significatif d'études ont montré que l'utilisation d'outils physiques pouvait impacter nos capacités cognitives. Par exemple, dans le domaine de la perception, il est connu que l'utilisation – ou l'intention d'utiliser – un outil (e.g., un bâton) pour atteindre une cible provoque une perception de la distance, séparant l'utilisateur de la cible, diminuée en comparaison à une situation sans outil (Osiurak et al., 2012 ; Witt & Proffitt, 2008 ; Witt et al., 2005). Utiliser un outil physique peut également influencer notre prise de décision. Ainsi, l'opportunité d'utiliser un outil (e.g., une bassine) pour déplacer des objets induit un biais chez l'individu de telle sorte que ce dernier pense être plus efficace avec l'outil que dans une situation sans outil que ce qu'il en est réellement (Osiurak et al., 2014). De façon intéressante, un tel biais ne se retrouve pas chez certaines espèces non humaines, comme le corbeau de Nouvelle-Calédonie (Danel et al., 2017).

Ce biais rapporté avec des outils physiques, et qui semble indiquer une appétence chez les humains pour utiliser des outils, a également été rapporté dans le contexte de l'utilisation d'outils cognitifs. Des individus peuvent considérer être plus efficaces lorsqu'ils utilisent une calculatrice que lorsqu'ils réalisent des calculs de tête, et ceci même pour des calculs pour lesquels leur performance indique le pattern opposé (Virgo

et al., 2017). Les individus ont aussi tendance à considérer qu'une recherche menée sur Internet les amène à posséder davantage de connaissances personnelles (Fisher et al., 2015). L'outil cognitif serait donc perçu comme une extension de nos capacités cognitives, un phénomène initialement décrit par Clark et Chalmers (1998) comme « l'esprit étendu », plus généralement appelée depuis « cognition étendue » ou « décharge cognitive » (Gilbert, 2015 ; Kirsh & Maglio, 1994 ; Risko & Gilbert, 2016 ; Weis & Wiese, 2019). Le phénomène de décharge cognitive ne renvoie pas forcément à l'utilisation d'un outil cognitif. Cela peut consister, par exemple, à tourner la tête de côté afin de lire un texte avec une orientation oblique (Clark & Chalmers, 1998 ; Risko et al., 2014) ou à laisser ses clés de voiture à un endroit précis de la maison pour savoir où elles sont (Heersmink, 2013 ; Kirsh, 1995). En réalité, cela peut également concerner le recours à d'autres individus pour déléguer des informations afin de ne pas avoir à s'en souvenir, ce que Wegner et al. (1991) décrivent initialement avec le concept de « mémoire transactive ». Dans d'autres cas, cela peut concerner l'utilisation d'outils cognitifs, qui ont été vraisemblablement conçus pour augmenter encore l'efficacité de ce phénomène de décharge cognitive. Ainsi, photographier une scène afin de pouvoir la contempler plus tard permet d'économiser le traitement cognitif de devoir s'en souvenir. Les livres peuvent aussi être considérés à ce titre comme des moyens de décharge cognitive, à l'instar de l'exemple d'Albert Einstein donné dans la citation ci-dessus. En somme, ce phénomène de décharge cognitive semble refléter la propension à employer l'environnement comme une aide extérieure au traitement cognitif, qu'importe la nature de l'aide concernée.

La question qui se pose est de comprendre l'impact de ces stratégies de décharge cognitive sur les capacités cognitives, notamment dans un contexte où l'utilisation d'outils cognitifs fournis une aide si efficace, que les traitements produits par l'individu

deviennent de moins en moins importants. Plusieurs études se sont intéressé à cette question, notamment dans le champ de la mémoire épisodique, i.e., la mémoire des souvenirs autobiographiques (Tulving, 2002). Un mécanisme connu de la littérature est l'oubli dirigé : Lorsqu'un individu est informé qu'il n'a plus à retenir une liste d'informations avant d'apprendre une nouvelle liste, les capacités de rappel de la seconde liste sont alors rehaussées (Bjork, 1989). Storm et Stone (2015) ont étendu ce mécanisme à l'utilisation d'un outil cognitif en montrant que lorsqu'un individu est informé que la liste d'informations est sauvegardée dans un fichier, alors l'individu rappelle moins d'informations que sans cette manipulation expérimentale. Henkel (2014) avait également obtenu des résultats similaires avec l'emploi d'un appareil photo, alors que Sparrow et al. (2011) ont décrit de façon intéressante que les individus changent leur stratégie mnésique, en se rappelant plutôt « où » l'information est stockée que la nature de l'information elle-même. Ce dernier résultat permit notamment à Sparrow et al. (2011) de montrer que l'utilisation d'un outil numérique était bien une forme de mémoire transactive, dans le sens où celui-ci peut être vu comme un « expert » dont on ne connaît pas les connaissances, mais que l'on a identifié comme étant utile pour récupérer des informations pertinentes sur un domaine.

Si ces travaux pointent le fait que l'utilisation d'un outil cognitif peut modifier nos stratégies cognitives, mais aussi nos performances supposées si un tel outil est retiré (voir Osiurak, Griffon et al., 2021), ils ne permettent pas directement de démontrer que cette utilisation sur le long terme provoque une baisse des capacités cognitives à proprement parler. Comme indiqué à demi-mot dans la citation de Platon donnée au début de cet article, il existe une crainte historique pour considérer que la création de nouveaux outils impacte négativement nos capacités cognitives (voir aussi Carr, 2011). Cette crainte est d'autant plus justifiée si l'on considère le développement considérable

des capacités du numérique – qui devraient encore certainement s’accroître dans le futur –, qui nous offrent une panoplie très large d’interactions avec notre monde physique et social. Ainsi, si la mémoire épisodique d’un individu est systématiquement suppléée par une technologie numérique, la question se pose de savoir si cette utilisation ne pourrait pas conduire, sur le long terme, à une baisse de ses capacités intrinsèques de mémoire épisodique. Bien qu’aucune donnée ne permette d’étayer une telle hypothèse, elle semble néanmoins possible en termes de plasticité cérébrale. En effet, des travaux ont montré que le volume de l’hippocampe, connu pour jouer un rôle clef dans la mémoire épisodique, pouvait augmenter chez des chauffeurs de taxi après quatre années de conduite (Maguire et al., 2000). Cette même région peut s’atrophier chez des personnes victimes d’un stress post-traumatique, en raison de la "volonté" chez ces personnes de ne pas se rappeler du ou des épisodes traumatisants (Karl et al., 2006). Des données comportementales semblent aussi étayer cette hypothèse. Par exemple, Dahmani et Bohbot (2020) ont trouvé que l’utilisation à long terme du GPS provoquait un déclin des capacités de mémoire spatiale. Dans un autre registre, Ophir et al. (2009) ont observé que des individus enclins au multitâche numérique obtenaient de moins bonnes performances dans des épreuves expérimentales de flexibilité mentale que des utilisateurs peu enclins à réaliser ce comportement. Ces résultats sont toutefois controversés puisqu’une autre étude a rapporté le résultat opposé (Alzahabi & Becker, 2013).

2. Vue d’ensemble

L’objectif de cette étude était de créer une échelle de cognition numérique visant à caractériser la propension d’un individu à suppléer ses fonctions cognitives à l’aide du numérique. Nous sommes partis du postulat que le numérique devrait en soi permettre

de suppléer n'importe quelle fonction cognitive. En effet, même si nous avons pour l'instant **présenté** des exemples en lien avec la mémoire épisodique, la mémoire spatiale ou la flexibilité mentale, nous ne considérons pas que le numérique ne puisse suppléer que ces différentes fonctions. La nature des fonctions suppléées dépend également de l'époque à laquelle la recherche est menée, dans le sens où il n'existe peut-être pas actuellement de technologie numérique suppléant la conscience – en tout cas à notre connaissance – mais qu'une telle technologie pourrait voir le jour. Par conséquent, même si l'objectif de cette échelle est de caractériser la propension d'un individu à utiliser le numérique pour suppléer des fonctions cognitives spécifiques, nous sommes parfaitement conscients que cela dépend évidemment des technologies actuelles.

Afin de construire cette échelle, nous avons tout d'abord conduit une enquête (Étape 1) nous permettant de connaître les usages actuels du numérique. Puis, nous avons élaboré une première version de l'échelle à 94 items (Étape 2), que nous avons proposée à des individus afin de sélectionner les items les plus pertinents (i.e., 24 items). Par ailleurs, nous avons identifié quatre fonctions cognitives en lien avec l'usage du numérique (Cognition socio-émotionnelle, Prise de décision, Mémoire sémantique, Mémoire épisodique). Nous avons ensuite testé les qualités métrologiques de l'échelle à 24 items (i.e., la version finale ; Étape 3). Enfin, nous avons créé des normes (Étape 4).

3. Enquête (Étape 1)

Le premier recueil de données a consisté en une enquête visant à répertorier les différents types d'usages en lien avec le numérique. Pour cela, nous avons constitué un questionnaire composé de questions ouvertes, qui s'organisaient sur les différents types d'usage à différents moments de la journée et lors de la semaine et du weekend. Nous avons utilisé une méthode qui consiste à aider les participants à balayer les différents

moments de leur journée pour les guider dans leurs souvenirs. Une première question consistait également à lister le type d'appareils numériques possédés.

3.1. Participants

Cent soixante étudiants de l'université de Lyon ont répondu à cette enquête (128 Femmes, 30 Hommes, 2 Non-binaires ; Âge : $M = 19.44$, $ET = 3.41$). Tous les participants ont donné leur consentement pour participer à ce recueil.

3.2. Matériel et procédure

La première partie de l'enquête consistait à demander le ou les types d'appareils numériques possédés par le participant, sans lui donner d'autres informations qu'un exemple, à savoir le Smartphone. Cela nous a permis de voir spontanément les appareils répertoriés par les participants. Dans la deuxième partie, il leur était demandé d'inscrire les usages associés selon le moment de la journée et la période de la semaine. Ils devaient ainsi répondre aux questions suivantes : « J'utilise l'appareil... [Réponse] avec le logiciel/application... [Réponse] pendant x minutes... [Réponse] dans le but de... [Réponse]...dans le cadre d'activités professionnelles ou personnelles...[Réponse]. » Les participants pouvaient inscrire autant de réponses qu'ils le souhaitaient pour chaque moment de la journée. Pour les moments de la journée, le label était différent selon que la question portait sur un moment de la semaine ou du weekend. Pour la semaine, les moments étaient : « en me réveillant », « dans les transports », « en étant au travail ou en cours », « durant la soirée », « avant d'aller me coucher », et « durant la nuit. » Pour le weekend, les moments étaient : « en me réveillant », « durant la matinée », « durant l'après-midi », « durant la soirée », « avant d'aller me coucher », et « durant la nuit. »

3.3. Résultats

Les différents appareils rapportés par les participants étaient les suivants, l'effectif indiqué ici correspondant au nombre de participants évoquant posséder un tel appareil : Smartphone ($n = 160$; 100%), Ordinateur ($n = 155$; 97%), Télévision ($n = 59$; 37%), Tablette ($n = 38$; 24%), Appareil photo ($n = 19$; 12%), Console de jeux ($n = 13$; 8%), Baladeur numérique ($n = 10$; 6%), Montre connectée ($n = 4$; 3%), GPS ($n = 4$; 3%), Liseuse ($n = 3$; 2%), et Écouteur Bluetooth ($n = 2$; 1%). Ces résultats représentent toutefois une sous-estimation potentielle des usages, puisque certains participants ont pu ne pas considérer qu'un des appareils reportés était un appareil numérique ou oublier de le mentionner.

En ce qui concerne les usages rapportés, l'idée de cette enquête était avant tout de nous donner une source d'inspiration pour générer des items pour notre échelle finale. Ceci a été une réussite si l'on considère le nombre total de **réponses produites** par les participants (i.e., 2762 usages rapportés). Une analyse plus fine des réponses ne correspond toutefois pas à la finalité de cette enquête. Simplement, à titre d'information, nous avons rapporté dans le **Tableau 1** une vue rapide des différents usages rapportés que nous avons catégorisés *a posteriori* selon 5 catégories après accord entre juges : Communication, cours, distraction, information et organisation. Des exemples sont également donnés dans le **Tableau 1**. On remarque que les usages sont assez cohérents avec les activités classiques d'un individu au cours de la semaine et du weekend. En effet, au niveau « Organisation », davantage d'usages ont été rapportés au réveil, et ceci de façon moins importante lors du weekend, ce qui reflète bien l'idée que la semaine, et notamment le matin, demande de s'organiser davantage que le weekend. Sans commenter davantage ces résultats, nous pouvons aussi noter la présence des usages

liés au « cours » qui augmentent en journée pour la semaine comme le weekend, et davantage de « distraction » pendant les transports, la soirée ou le coucher.

< Insérer **Tableau 1** par ici >

3.4. Discussion

Une information importante issue de cette enquête est que l'intégralité de l'échantillon possédait au moins un appareil numérique (i.e., Smartphone), ce qui confirme la possession massive d'appareils numériques chez les individus (tout du moins ici chez des étudiants) ainsi que l'intérêt d'investiguer l'impact du numérique sur la neurocognition. Cette enquête a aussi été concluante dans la mesure où elle nous a permis de collecter un large panel d'usages potentiels du numérique.

4. Création et sélection des items (Étape 2)

Les réponses fournies lors de l'enquête nous ont amenés à générer 94 items, constituant ainsi la base d'items utiles pour aboutir à une version de l'échelle avec un nombre relativement limité d'items (environ 20 items). Cette seconde étape visait à réaliser une première sélection sur ces 94 items avant de ne conserver que les items les plus discriminants et potentiellement associés à un usage numérique spécifiquement relié à une fonction cognitive donnée.

4.1. Participants

L'échantillon était constitué de 392 participants (285 Femmes, 104 Hommes, 3 Non-binaires ; Âge : $M = 27.51$, $ET = 9.85$). Afin d'avoir une meilleure représentation de la population générale, outre des étudiants de l'université de Lyon ($n = 187$), 205 salariés non étudiants (e.g., développeur informatique, agent d'entretien, assistant d'éducation)

ont également été recrutés. Tous les participants ont donné leur consentement pour participer à ce recueil.

4.2. Matériel et procédure

L'échelle proposée était constituée de 94 items. Pour chaque item, les participants devaient répondre à la question : « j'utilise le numérique ...[Item] » à l'aide d'une échelle de Likert en cinq points : de 1 = Jamais à 5 = Fréquemment. Par exemple, les items pouvaient être : « Pour réaliser des calculs (e.g., à l'aide d'une calculatrice) » (Item 19) ou « Pour prendre de photos et/ou des vidéos » (Item 20).

4.3. Résultats

Le premier objectif **était d'éliminer** un maximum d'items peu discriminants. Pour cela, nous avons examiné le mode associé à chaque item et exclu 37 items pour lesquels **l'effectif associé au** mode était équivalent à au moins strictement la moitié de l'effectif de l'échantillon (**Tableau 2**). Pour tous ces items, ce mode correspondait à une réponse extrême (i.e., soit « jamais », soit « Fréquemment ») et révélait la présence d'un effet plafond ou plancher pour ces items. Nous avons constaté qu'aucun item n'a été conservé sur le thème de la « distraction » suite à cette première étape, ce qui peut paraître contraire à notre enquête lors de laquelle nous avons rapporté un certain nombre d'usages en rapport avec cette activité. En réalité, ces items furent tous exclus en raison d'effets plancher, dans le sens où une majorité des participants n'était à chaque fois pas concernée par l'activité proposée dans l'item.

< Insérer **Tableau 2** par ici >

Pour continuer la sélection des items pertinents et les plus discriminants, nous avons effectué une analyse factorielle exploratoire (analyse en axes principaux) sur la

matrice de corrélations polychoriques des 57 items restants. En effet, pour tous nos items, le type de format de réponse était considéré comme une échelle ordinale dans ce cas, les corrélations polychoriques s'avèrent plus performantes que les corrélations de Pearson pour les estimations de modèle (DiStefano, 2002 ; Flora & Curran, 2004 ; Gilley et Uhlig, 1993 ; Jöreskog et Moustaki, 2001, 2006 ; Kim et Muller, 1978). Bien que le nombre d'observations requis était inférieur aux recommandations souvent émises dans la littérature si on s'en tenait à celui de 10 sujets par items (Cattell, 1978 ; Everitt, 1975 ; Gorsuch, 1983 ; Nunnally, 1978), il respectait toutefois le seuil d'un échantillon de 300 également indiqué (Aleamoni, 1973 ; Comrey et Lee, 1992 ; Comrey, 1978 ; Loo, 1983). Parce que nous avons utilisé ce type de corrélations, nous avons vérifié les violations des hypothèses de normalité bivariée (Jöreskog, 2001). Nous avons également vérifié la mesure de l'adéquation de l'échantillon Kaiser–Meyer–Olkin, $KMO = 0.83$. Le test de Bartlett était significatif, $\chi^2(465, n = 396) = 3681, p < .001$. Il n'existait pas de multicolinéarité, le déterminant de la matrice étant supérieur à 0. Ensuite, nous avons procédé à la sélection du nombre le plus parcimonieux de facteurs expliquant la variance partagée, à l'aide du critère de Kaiser en sélectionnant les valeurs propres supérieures à 1, et de celui Catell en sélectionnant les facteurs présents avant le coude. Pour compléter ces analyses, nous avons effectué une analyse parallèle et retenu uniquement les facteurs dont les valeurs propres réelles étaient supérieures aux valeurs propres des données aléatoires. Concernant l'optimisation de la saturation des items sur les différents facteurs, nous avons opté pour une rotation oblique (Promax ; Preacher, & MacCallum, 2003). Les items ont été retenus si leur saturation sur un facteur était supérieure 0.3 ou plus et leur saturation croisée était supérieure à 0.30 (c'est-à-dire qu'ils n'étaient pas complexes) et si leur variance unique était inférieure à 0.80. Enfin, la

fiabilité a été vérifiée à l'aide de l'indice ω de McDonald que nous avons préféré à l' α de Cronbach (Trizano-Hermosilla & Alavarado, 2016).

Le critère de Kaiser indiquait une solution en 5 facteurs, tandis que le critère de Cattell indiquait une solution en deux facteurs, l'analyse parallèle confirmait la solution en cinq facteurs. La répartition des 57 items dans ce modèle à 5 facteurs ainsi que les saturations et la variance unique associées à chacun item sont données dans le **Tableau 3**. Un des facteurs ciblait principalement des usages en lien avec les cours (e.g., « pour rédiger des documents de groupe », « pour prendre des notes d'un cours »). Ce facteur expliquait 11% de la variance totale du modèle à 5 facteurs. Nous avons choisi d'exclure ce facteur et donc les 4 items associés car ce facteur semblait s'intéresser à une attitude orientée vers un objet particulier (i.e., les cours) et non vers une fonction cognitive. De plus, ce domaine est limité aux étudiants, ce qui limiterait la portée de l'échelle. La présence d'un tel facteur s'expliquait clairement par l'inclusion d'étudiants dans notre échantillon. Néanmoins, il était intéressant de conserver de tels items à cette étape, car cela nous a permis de rejeter tous les autres items saturant ce facteur, et donc davantage spécifique à une attitude envers les cours qu'une fonction cognitive. Dans un autre facteur, nous avons également choisi de supprimer l'item « pour lire la presse spécialisée » qui était très proche de l'item « pour lire la presse ». Nous avons reconduit l'analyse en supprimant ces items (soit sur 52 items).

< Insérer **Tableau 3** par ici >

Le premier facteur incluait 6 items orientés vers un usage du numérique en vue d'aider à la décision (e.g., « pour vérifier l'orthographe d'un mot », « pour collecter des avis sur un vêtement, un lieu ou un produit »), si bien que nous avons labellisé ce facteur « Prise de décision. » Ces items reflètent en partie l'usage « Organiser » que nous avons

identifié à partir de l'enquête. Ce facteur expliquait 39% de la variance totale du modèle à 4 facteurs. Il contenait 1 item complexe [« Pour réaliser des conversions monétaires (e.g., euros vers dollars) »], avec un écart de 0.22 soit une saturation croisée inférieure à 0.30 mais cet item présentait une action très différente des autres et il nous a paru important dans ce cadre de le conserver. La fiabilité était correcte, $\omega = 0.71$.

Le second facteur incluait 6 items orientés vers un usage du numérique en vue d'obtenir des informations ou de se cultiver (e.g., « pour lire la presse », « pour augmenter mon niveau de culture générale »), ce qui renvoyait en termes cognitifs à une fonction gérée par la mémoire sémantique. Ces items rejoignent en partie l'usage « Information » que nous avons identifié à partir de l'enquête. Ce facteur expliquait 21% de la variance totale du modèle à 4 facteurs. De même, ce facteur contenait 1 item complexe (« Pour découvrir et/ou diffuser des œuvres d'art »), avec non seulement une saturation croisée inférieure à 0.30 mais une saturation plus importante dans le troisième facteur, mais cet item présentait également une action très différente des autres. La fiabilité était bonne, $\omega = 0.81$.

Le troisième facteur incluait 6 items orientés vers un usage du numérique en vue de réguler son état émotionnel ou les interactions sociales (e.g., « pour mieux gérer mes émotions », « pour discuter avec plusieurs personnes en même temps »). Ces items rejoignaient en partie l'usage « Communiquer » que nous avons identifié à partir de l'enquête. Ce facteur, que nous avons labellisé « Cognition socio-émotionnelle », expliquait 13% de la variance totale du modèle à 4 facteurs. Trois des items de ce facteur présentaient des saturations croisées, de respectivement 0.28, 0.25 et 0.22, pour les deux derniers les saturations dans les autres facteurs sont cependant faibles (0.13 pour les deux), pour le premier l'écart restait proche des 0.30 et la variance unique était correcte. Nous l'avons donc conservé. La fiabilité était acceptable, $\omega = 0.66$.

Le quatrième facteur incluait 6 items portant sur l'usage numérique en vue d'aider la mémoire épisodique/les fonctions exécutives (e.g., « pour me souvenir de choses à faire », « pour me souvenir de rendez-vous ») qui rejoignaient en partie l'usage « Organisation » que nous avons identifié à partir de l'enquête. Ce facteur expliquait 9% de la variance totale. Quatre des items de ce facteur étaient complexes et présentent des écarts de saturation faibles, nous les avons conservés car nous souhaitons une grande variété d'actions. La fiabilité était acceptable, $\omega = 0.68$.

Parallèlement nous avons rejeté 3 items présentant de bonnes saturations et non complexes parce qu'ils nous semblaient toutefois redondants ou peu informatifs au regard du facteur concerné. Les 24 items finaux expliquaient 78% de la variance totale, leur répartition selon les 4 facteurs retenus à la suite de notre analyse factorielle est présentée dans le **Tableau 3**. Pour tous les facteurs, la suppression de l'un des items n'a pas augmenté l' ω de McDonald de l'échelle. Les corrélations multiples inter-items étaient toutes supérieures à 0.30 à l'exception de deux items (87 et 65).

Compte-tenu de nos choix théoriques, nous avons réalisé une analyse congénérique avec la méthode du maximum de vraisemblance afin de déterminer la qualité de l'ajustement entre notre modèle et nos données, et ainsi confirmer l'acceptabilité de notre modèle. Nous avons utilisé des indices absolus (χ^2 , χ^2/ddl , SRMR [i.e., Standardized Root Mean Square Residual], et RMSEA [i.e., Root Mean Square Error of Approximation]), des indices incrémentaux (NNFI [i.e., Non-Normed Fix Index] et CFI [i.e., Comparative Fit Index]), et l'indice de parcimonie AIC (i.e., Akaike Information Criterion). L'indice d'ajustement non normalisé (NNFI) mesure l'augmentation de la qualité d'ajustement lorsque l'on passe du modèle de référence (null model, M0 ; Rust & Golombok, 1999) au modèle étudié. Il s'interprète comme le NFI : une valeur entre 0.90 et 0.95 est bonne, au-dessus de 0.95 elle est excellente, et une valeur en dessous de 0.90

indique un mauvais ajustement du modèle (Bollen, 1989). Pour l'indice d'ajustement comparatif (CFI), une valeur seuil > 0.90 indique un ajustement modéré (Bentler, 1990), alors qu'une valeur seuil proche de 0.95 indique un bon ajustement du modèle (Hu & Bentler, 1999). Nous avons considéré que les valeurs RMSEA autour de 0.01 indiquaient un excellent ajustement, 0.05, un bon ajustement et 0.08 indiquait un ajustement modéré, et les valeurs supérieures à 0.10 indiquaient un mauvais ajustement (MacCallum et al., 1996). Pour vérifier que le modèle était un modèle ajusté, nous avons calculé le p -close. Si p -close est inférieur à 0.05, c'est la preuve que le RMSEA n'est pas nul, et en termes d'ajustement du modèle, la non-significativité est souhaitable. Nous avons donc également utilisé le SRMR qui est une mesure absolue de l'ajustement et qui est défini comme la différence standardisée entre la corrélation observée et la corrélation prédite. Une valeur SRMR de zéro indique un ajustement parfait, une valeur inférieure à 0.08 est généralement considérée comme un bon ajustement (Hu et al., 1999). Après quelques ajustements dans les erreurs (voir le modèle 2, **Tableau 4**) qui pouvaient s'expliquer par l'absence du facteur « cours » et des items supprimés volontairement, le modèle restait acceptable bien que le p -close était significatif (**Figure 1**).

< Insérer **Tableau 4 et Figure 1** par ici >

4.4. Discussion

Cette seconde étape nous a permis d'identifier quatre fonctions cognitives suppléées par le numérique. Comme énoncé plus haut, nous sommes conscients que ce résultat n'indiquait pas que le numérique ne pouvait suppléer que ces quatre fonctions cognitives. Simplement, il semblait que les technologies numériques actuelles et/ou

l'usage que les individus en font les orientent à utiliser le numérique pour suppléer ces quatre fonctions précisément.

La première fonction correspondait à ce que nous avons appelé la cognition socio-émotionnelle. En effet, même si la gestion des émotions et les aptitudes de cognition sociale (e.g., théorie de l'esprit, prosocialité) font référence à des mécanismes cognitifs distincts, notamment au niveau cérébral, ces deux aspects semblent se retrouver pour permettre à l'individu d'utiliser le numérique en vue de réguler son état émotionnel et ses relations sociales. Si l'on fait référence aux nombreux travaux dans le domaine de la cognition sociale, qui alimentent toujours la question d'une distinction entre cognition émotionnelle et cognition sociale (e.g., voir Quesque & Rossetti, 2020), l'existence d'un facteur regroupant ces deux aspects fait relativement sens.

La seconde fonction correspondait à la prise de décision et renvoyait à un usage du numérique en vue d'ajuster ou de vérifier sa prise de décision, comme une aide afin de prendre de bonnes décisions et minimiser les erreurs. Les travaux d'économie comportementale, qui puisent leurs origines dans les travaux illustres de Kahneman et Tversky (e.g., Tversky & Kahneman, 1974, 1981), ont clairement démontré que la prise de décision était un processus cognitif coûteux, si tant est que l'individu recherche une solution maximale (voir aussi Schwartz, 2000). Dans ce contexte, l'utilisation du numérique peut amener les individus à minimiser l'erreur en lien avec la décision prise.

Le troisième facteur correspondait à la mémoire sémantique. En effet, ce facteur reflétait une propension à utiliser le numérique pour accroître ses connaissances ou sa culture dans différents domaines. Bien que la question des bases neurocognitives de la mémoire sémantique soit toujours débattue (Binder & Desai, 2011), il n'en reste pas moins qu'un large consensus existe quant à l'idée que cette forme de mémoire est

spécifique au stockage des connaissances et non des souvenirs autobiographiques, se distinguant ainsi de la mémoire épisodique.

Le quatrième facteur correspondait à la mémoire épisodique et aux fonctions exécutives. Comme mentionné plus haut, la mémoire épisodique est la mémoire des souvenirs autobiographiques, et se distingue **dans** ce sens des fonctions exécutives qui répertorient l'intégralité des fonctions permettant de faire face à des situations nouvelles ou à planifier des activités complexes (Diamond, 2013). Il est également bien connu que ces deux capacités cognitives reposent sur des substrats neuronaux **différents**, la mémoire épisodique impliquant majoritairement l'hippocampe pour le stockage des souvenirs (mais aussi des structures préfrontales lors des stratégies utiles à leur encodage et à leur récupération ; Tulving, 2002), les fonctions exécutives impliquant quant à elles principalement les régions préfrontales (Diamond, 2013). En ce sens, la présence d'un seul facteur pour ces deux capacités cognitives peut paraître surprenant. Pourtant, ce n'est pas si surprenant, si on considère le lien qu'elle partage notamment au travers du concept commun de mémoire prospective (Einstein & McDaniel, 2005), qui consiste à déployer des stratégies visant à se rappeler un événement au moment opportun. Ainsi, même si la planification d'activités complexes ressort aux fonctions exécutives, il n'en reste pas moins que de penser le rappel d'un événement dans le futur afin de mener à bien l'activité en cours exige de pouvoir s'en souvenir, ce qui est du ressort de la mémoire épisodique. On peut ainsi aisément comprendre que l'usage du numérique soit utile pour des activités d'organisation, qui demande à la fois d'élaborer les bonnes stratégies (fonctions exécutives) tout en pouvant maintenir celle-ci et s'en rappeler au cours du temps (mémoire épisodique). L'agenda était déjà un outil cognitif utile à cet égard. Notons également que le facteur prise de décision semble assez proche de quatrième facteur, dans le sens où il est

possible de penser une certaine similitude entre les concepts de fonctions exécutives et de prise de décision. Néanmoins, il s'agit bien de capacités distinctes, la première servant à organiser un "emploi du temps", la seconde à décider des options maximales non pas en termes de temps mais plutôt de feedback gratifiant. D'ailleurs, les études neuroscientifiques ont, depuis plusieurs décennies maintenant, clairement identifié des structures préfrontales distinctes impliquées dans ces deux capacités, les fonctions exécutives impliquant davantage des structures préfrontales dorso-latérales, et la prise de décision des structures préfrontales ventro-médianes (e.g., O'Reilly, 2010).

5. Sensibilité, fidélité et validité de l'échelle en 24 items (Étape 3)

L'étape précédente nous a permis d'établir une version finale de l'échelle de cognition numérique en 24 items, reposant sur l'évaluation sur la propension à suppléer quatre fonctions cognitives spécifiques. La troisième étape a consisté à tester les trois qualités métrologiques clefs de cette échelle (i.e., sensibilité entendue ici comme finesse discriminative, fidélité et validité) en soumettant cette version à 24 items à un nouvel échantillon de 754 participants. Si l'évaluation de la sensibilité et de la fidélité respecte bien souvent les canons de la psychométrie, l'évaluation de la validité d'un instrument psychométrique demande systématiquement de développer une démarche plus spécifique selon l'instrument. Si une échelle de cognition numérique existait déjà, nous aurions pu simplement évaluer la validité convergente de notre échelle avec celle-ci. Cependant, l'échelle que nous proposons est originale à cet égard. Aussi, nous avons dû opter pour une validité nomologique, basée sur l'existence de relations spécifiques entre nos différentes sous-échelles et d'autres construits théoriques, afin de justifier l'existence de nos différentes sous-échelles. Deux pistes ont ainsi été suivies.

La première piste suivie a consisté à mettre en lien notre échelle, ou plutôt les différentes sous-échelles, avec six traits de personnalité. En effet, même si notre échelle cible la propension d'un individu à suppléer des fonctions cognitives, il n'en reste pas moins qu'elle retranscrit une forme de personnalité numérique-cognitive des individus. Notre postulat était que cette personnalité caractéristique du numérique devrait en partie refléter un fonctionnement plus général de l'individu avec son environnement, qu'il soit numérique ou non. Aussi, cinq des six traits de personnalité explorés ici correspondaient aux cinq traits classiques du Big Five (Costa et McCrae, 1992), bien connu pour décrire la personnalité complète d'un individu (i.e., ouverture, conscienciosité, extraversion, agréabilité, et névrosisme). Le sixième trait était la maximation, un trait de personnalité identifié notamment par Schwartz et al. (2002) comme caractérisant le besoin de certains individus à chercher de manière systématique une solution maximale – et non optimale – à un problème. Nos prédictions étaient les suivantes. L'extraversion caractérise un individu qui tente de rechercher des ressources externes, notamment sociales, pour guider ses activités. Nous avons donc prédit un lien positif possible entre ce trait de personnalité et la sous-échelle « Cognition socio-émotionnelle ». Un lien positif possible entre cette sous-échelle et le névrosisme était également prédit dans la mesure où le névrosisme renvoie à la capacité d'un individu à réguler la stabilité de son état émotionnel, ce qui rejoint l'usage du numérique concernant la sous-échelle « Cognition socio-émotionnelle ». La maximation caractérise un individu à la recherche des meilleures informations possibles afin de prendre une décision maximale. Nous avons donc prédit un lien positif possible entre ce trait de personnalité et la sous-échelle « Prise de décision ». L'ouverture caractérise un individu curieux vers des objets ou des domaines (e.g., science, valeur). Nous avons donc prédit un lien positif possible entre ce trait de personnalité et la sous-échelle « Mémoire

sémantique ». Enfin, la conscienciosité caractérise la capacité d'un individu à poursuivre un effort dans le temps afin d'atteindre des objectifs auto-déterminés. Nous avons donc prédit un lien positif possible entre ce trait de personnalité et la sous-échelle « Mémoire épisodique/Fonctions exécutives ».

La seconde piste suivie a consisté à mettre en lien les sous-échelles de la cognition numérique avec d'autres instruments psychométriques mesurant des attitudes envers le numérique. Notre échelle de cognition numérique pourrait être redondante avec des instruments existants, qui s'intéressent notamment à l'addiction à Internet, à la propension au multitâche numérique (désormais appelée « multitâche numérique ») ou à la nomophobie, à savoir une forme de phobie situationnelle, bien souvent associée à l'usage du téléphone mobile, et qui se manifeste par de l'inconfort, de l'anxiété et de la nervosité causées par la dépendance à cette technologie (Yildirim & Correia, 2015). Pourtant, notre échelle diffère de ces instruments en cherchant à préciser les fonctions cognitives habituellement supplées par un individu lors de l'usage du numérique. En quelque sorte, l'échelle de multitâche numérique permet aussi d'atteindre le même objectif, si on considère que cette échelle traduit la propension à utiliser le numérique pour suppléer les fonctions exécutives, par exemple. Cependant, contrairement à notre échelle, elle reste ciblée sur une seule fonction, et ne fournit par une vue d'ensemble des fonctions cognitives habituellement supplées par un individu. Les échelles d'addiction à Internet ou de nomophobie quant à elle précisent des attitudes, parfois pathologiques, sans spécifier les fonctions cognitives que l'individu cherche à suppléer. En somme, même s'il est vraisemblable qu'un score élevé à notre échelle puisse être associée à des niveaux élevés d'addiction à Internet, de multitâche numérique ou de nomophobie, les informations recueillies par notre échelle de peuvent être obtenues à l'aide d'instruments mesurant ces différentes attitudes. Nous avons

néanmoins prédit des liens forts entre les scores à notre échelle et ces trois attitudes. De plus, contrairement aux liens inspectés entre les six traits de personnalité et nos sous-échelles, nous avons plutôt **considéré** que la propension à suppléer certaines fonctions cognitives prédit l'attitude d'un individu sur ces trois aspects. Ainsi, puisque des scores élevés aux échelles d'addiction à Internet et de nomophobie caractérisent des individus qui ont des difficultés à réguler leur état émotionnel, nous avons prédit un lien positif possible entre la sous-échelle « Cognition socio-émotionnelle » et ces deux attitudes. Concernant le multitâche numérique, puisque ce comportement caractérise des individus qui ont tendance à mener à bien plusieurs activités numériques, nous avons prédit également un lien négatif possible entre la sous-échelle « Mémoire épisodique/Fonctions exécutives », dans le sens où plus un individu excelle dans ses capacités d'organisation, moins il a besoin du numérique pour l'aider sur cet aspect.

5.1. Participants

L'échantillon était constitué de 754 participants (572 Femmes, 178 Hommes, 4 Non-binaires ; Âge : $M = 24.17$, $ET = 8.39$). Afin d'avoir une meilleure représentation de la population générale, outre des étudiants de l'université de Lyon ($n = 288$), 466 salariés non étudiants (e.g., développeur informatique, agent d'entretien, assistant d'éducation) ont également été recrutés. Tous les participants ont donné leur consentement pour participer à ce recueil.

5.2. Matériel et procédure

L'échelle en 24 items (**Tableau 5**) était proposée deux fois à 9 mois d'intervalle. Sur les 754 participants, 97 participants ont complété l'échelle deux fois. Comme mentionné lors de l'étape précédente, les participants se sont positionnés sur une

échelle de Likert en 5 points, de 1 = Jamais à 5 = fréquemment. Une majorité des participants ($n = 471$) recrutés lors du premier temps ont également eu à compléter 5 autres échelles, à savoir un inventaire réduit de personnalité de type Big Five, une échelle de maximation, un test d'addiction à Internet, une échelle de multitâche numérique, et une échelle de nomophobie.

Big Five. Il s'agit de l'inventaire de personnalité BFI-Fr validée en langue française par Plaisant, Courtois, Réveillère, Mendelsohn, et John (2010), qui correspond à un inventaire de 43 items permettant d'évaluer les 5 traits de personnalité du Big Five (i.e., Ouverture, Conscienciosité, Extraversion, Agréabilité et Névrosisme) avec un mode de réponse de type échelle de Likert en 5 points, de 1 = Désapprouve fortement à 5 = Approuve fortement. La consistance interne dans cet échantillon était correcte allant de $\alpha = 0.68$ à $\alpha = 0.76$ selon les dimensions.

Maximation. Il s'agit de l'échelle développée par Schwartz et al. (2002 ; voir aussi Faure et al., 2015), qui correspond à une échelle en 13 items avec un mode de réponse de type échelle de Likert en 7 points, de 1 = Pas du tout d'accord à 7 = Tout à fait d'accord. La consistance interne dans cet échantillon était correcte, $\alpha = 0.70$.

Addiction à Internet. Il s'agit de l'échelle créée par Young (1998), qui correspond à une échelle en 20 items avec un mode de réponse de type échelle de Likert, de 1 = Jamais à 5 = Toujours. La consistance interne dans cet échantillon est bonne, $\alpha = 0.84$.

Multitâche numérique. Il s'agit de l'outil créé par Ophir et al. (2009), qui permet de mesurer le nombre de médias numériques consommés par la personne interrogée (multimédias) ainsi que le degré d'utilisation de ces différents médias de manière simultanée (multitâche). Pour cela, le participant répertorie d'abord le nombre d'heures passées chaque semaine sur 12 médias différents, ainsi que la fréquence d'utilisation de chaque média primaire avec un média secondaire. Ces données permettent d'obtenir un

score de multitâche. Les 12 médias numériques sont : La presse écrite, la télévision, les vidéos sur ordinateur/internet, la musique, les audios non musicaux (e.g., podcasts, livres audios, émissions de radio sans musique...), les jeux vidéo ou informatisés, les appels vocaux (téléphone fixe ou mobile), la messagerie instantanée (e.g., chat, forum en ligne), les sms/texto, les courriels, la navigation sur le Web et les autres logiciels sur ordinateur (e.g., traitement de texte et autres). La consistance interne dans cet échantillon était bonne $\alpha = 0.85$.

Nomophobie. Il s'agit de l'échelle développée par Yildirim et Correia (2015), qui correspond à une échelle en 20 items avec un mode de réponse de type échelle de Likert en 7 points, de 1 = Pas du tout d'accord à 7 = Tout à fait d'accord. La consistance interne dans cet échantillon était excellente, $\alpha = 0.94$.

5.3. Sensibilité

Pour explorer la sensibilité associée à chaque sous-échelle ainsi qu'au score total, nous avons examiné les principaux indices de centralité et de dispersion (**Tableau 6**). Les modes, médianes et moyennes des sous-échelles sont quasiment superposées et les indices d'asymétrie (*skewness*) et d'aplatissement (*kurtosis*) ont des valeurs quasiment nulles, ce qui confirme que les distributions sont proches de distributions normales.

< Insérer **Tableau 6** par ici >

5.4. Fidélité

Concernant la cohérence interne, des ω de McDonald et des corrélations item-test ont été calculés sur l'ensemble de l'échantillon, qui avait complété l'échelle au premier temps. Les ω de McDonald étaient bon pour l'échelle globale, $\omega = 0.85$, corrects pour la sous-échelle « Prise de décision », $\omega = 0.75$, et la sous-échelle « Mémoire sémantique », ω

= 0.77, et acceptables pour la sous-échelle « Cognition socio-émotionnelle », $\omega = 0.67$, et la sous-échelle « Mémoire épisodique/Fonctions exécutives », $\omega = 0.68$. Globalement, la cohérence interne était bonne que ce soit pour l'échelle globale ou les sous-échelles, ce qui fut corroboré par les coefficients de corrélation item-test que nous avons calculés pour chaque item (corrélation entre l'item et le score total de la sous-échelle à laquelle il appartenait). Ces coefficients sont rapportés dans le **Tableau 7**. Concernant la corrélation test-retest, qui portait sur le sous-échantillon de participants ($n = 97$) ayant complété l'échelle à 9 mois d'intervalle, celles-ci se sont toutes avérées significatives (Échelle globale : $r = 0.62, p < .001$; Cognition socio-émotionnelle : $r = 0.55, p < .001$; Prise de décision : $r = 0.61, p < .001$; Mémoire sémantique : $r = 0.65, p < .001$; Mémoire épisodique/Fonctions exécutives : $r = 0.64, p < .001$).

< Insérer **Tableau 7** par ici >

5.5. Validité

Puisque l'échelle proposée ne renvoyait pas un outil psychométrique existant, nous avons exploré sa validité nomologique à l'aide d'échelles déjà existantes. Concernant les validités convergente et discriminante, nous avons d'abord vérifié les liens [existant](#) entre les scores à notre échelle et ceux obtenus à chacune des 3 attitudes envers le numérique et nous avons ensuite vérifié l'effet des traits de personnalité sur nos quatre dimensions. Néanmoins, avant cela, nous avons examiné la validité de construit que nous allons détailler [ci-après](#).

Pour la validité de construit, nous avons réalisé une analyse factorielle confirmatoire avec nos quatre dimensions et les 6 items associés à chaque fois. Les résultats ont indiqué un χ^2 significatif ($\chi^2 = 1295, ddl = 246, p < .001$), qui reflète un [mauvais ajustement](#) du modèle. [Toutefois, la valeur du \$\chi^2\$ est moins précise dans le cas](#)

de grands échantillons comme c'est le cas pour le présent échantillon. Les valeurs des autres indices étaient : RMSEA = 0.07, SRMR = 0.07 et CFI = 0.76. Autrement dit, même si la valeur du CFI n'était pas concluante, les valeurs RMSEA et SRMR, qui indiquaient un bon ajustement, nous ont permis de conclure que le modèle était globalement bon. Pour aller plus loin, nous avons même réalisé une équivalence de construit, à l'instar de ce qui se fait généralement dans l'adaptation transculturelle d'outils psychométriques en comparant les construits entre groupes de cultures différentes (Gana et al., 2021). Ici, les participants étaient tous de la même culture. Mais il était possible de suivre la même logique avec le genre ou l'âge. Pour le genre, nous avons reproduit notre analyse factorielle confirmatoire chez les 178 Hommes puis, de façon séparée, chez les 572 Femmes. Les indices statistiques obtenus étaient similaires à ceux obtenus sur le groupe entier (Hommes : $\chi^2 = 529$, $ddl = 246$, $p < .001$; RMSEA = 0.08 ; SRMR = 0.08 ; CFI = 0.75 ; Femmes : $\chi^2 = 1007$, $ddl = 246$, $p < .001$; RMSEA = 0.07 ; SRMR = 0.07 ; CFI = 0.76). Pour l'âge, nous avons scindé notre groupe en deux groupes d'âge, à savoir les moins de 25 ans et les 25 ans et plus. De nouveau, cette distinction n'a pas modifié les résultats obtenus grâce à l'analyse factorielle confirmatoire (Moins de 25 ans : $\chi^2 = 969$, $ddl = 246$, $p < .001$; RMSEA = 0.07 ; SRMR = 0.07 ; CFI = 0.74 ; plus de 25 ans : $\chi^2 = 604$, $ddl = 246$, $p < .001$; RMSEA = 0.08 ; SRMR = 0.08 ; CFI = 0.77).

Concernant la validité convergente, nous avons réalisé des corrélations (Bravais-Pearson) entre les 4 sous-échelles et chacun des 6 traits de personnalité ainsi qu'entre les 4 sous-échelles et chacune des 3 attitudes envers le numérique (**Tableau 8**). Cette première analyse a révélé que la Conscienciosité était négativement corrélée à la sous-échelle « Cognition socio-émotionnelle », l'Ouverture positivement corrélée à la sous-échelle « Mémoire sémantique » et l'extraversion aux sous-échelles « Prise de décision » et « Mémoire épisodique/Fonctions exécutives ». La Maximation était quant à elle

corrélée positivement aux sous-échelles « Cognition socio-émotionnelle », « Prise de décision » et « Mémoire épisodique/Fonctions exécutives », mais n'entretenait pas de lien significatif avec la sous-échelle « Mémoire sémantique ». Cette analyse a aussi indiqué des liens significatifs de force moyenne entre les 4 sous-échelles et les 3 échelles d'attitudes envers le numérique, avec une absence de lien, toutefois, entre la sous-échelle « Mémoire sémantique » et les échelles de nomophobie et de multitâche numérique. Des corrélations significatives ont également été observées entre les trois échelles évaluant l'attitude envers le numérique (Addiction à Internet-Nomophobie : $r = 0.44, p < .001$; Addiction à Internet-Multitâche numérique : $r = 0.31, p < .001$; Nomophobie-Multitâche numérique : $r = 0.33, p < .001$).

< Insérer **Tableau 8** par ici >

Afin d'examiner la validité discriminante nous avons réalisé des régressions linéaires multiples pour identifier les effets des traits de personnalité sur les quatre [sous-échelles](#) en recherchant le meilleur modèle. Au préalable, nous avons vérifié la multicolinéarité en considérant un facteur d'inflation de la variance inférieur à 4 (VIF < 4) et nous avons inspecté les résidus en testant l'ensemble des hypothèses stochastiques (Gauss-Markov, Tabachnick, & Fidell, 2007). Les données déviantes ont été retirées des analyses (méthode de la distance de Mahalanobis), les analyses ont donc porté sur 459 observations. Elles ont révélé que la conscienciosité, la maximisation et l'extraversion avaient des effets sur la « Cognition socio-émotionnelle » (7% de la variance totale expliquée), que la maximisation et l'extraversion avaient des effets sur « Prise de décision » (4% de variance totale expliquée) , que la conscienciosité, la maximisation, l'ouverture et le névrosisme avaient des effets sur la « Mémoire sémantique » (9% de variance totale expliquée) et enfin que la maximisation et l'extraversion avaient des

effets sur la « Mémoire épisodique/Fonctions exécutives » (3% de la variance totale expliqué). En somme, ces analyses de régression ont confirmé des effets de la personnalité sur les quatre sous-échelles, bien que ces effets étaient de petite taille. Notre échelle permettait donc bien de discriminer les individus selon leurs grands traits de personnalité, par exemple un trait de conscienciosité élevé entraînait des scores plus faibles de « Cognition socio-émotionnelle » et de « Mémoire sémantique ». Les résultats sont résumés dans le **Tableau 9**.

< Insérer **Tableau 9** par ici >

Enfin, nous avons effectué des régressions linéaires multiples afin de déterminer quelle(s) dimension(s) de notre échelle expliquai(en)t le mieux les scores aux échelles d'attitude envers le numérique. La multicolinéarité et les hypothèses stochastiques avaient été vérifiées au préalable. La cognition socio-émotionnelle permettait d'expliquer les scores d'addiction à internet, $\beta = 0.40$, $p < .001$, de multitâche numérique, $\beta = 0.24$, $p < .001$ et de nomophobie, $\beta = 0.39$, $p < .001$. La prise de décision permettait également d'expliquer les scores de nomophobie, $\beta = 0.14$, $p < .005$. La mémoire sémantique expliquait les scores de multitâche, $\beta = -0.11$, $p < .05$ et de nomophobie, $\beta = -0.12$, $p < .01$ et enfin la mémoire épisodique permettait d'expliquer les scores de multitâche, $\beta = 0.24$, $p < .001$. Ces résultats démontrent les qualités prédictives de notre échelle (**Tableau 10**).

< Insérer **Tableau 10** par ici >

5.6. Discussion

Cette étape nous a permis de tester les qualités métrologiques clefs (i.e., sensibilité, fidélité et validité) de notre échelle de cognition numérique. Concernant la sensibilité et

la fidélité, les indicateurs ont montré que l'échelle était sensible et fidèle, avec pour ce dernier point une stabilité relativement élevée à neuf mois d'intervalle. En d'autres termes, notre échelle présente une bonne capacité pour discriminer les individus quant à leur propension à suppléer des fonctions cognitives à l'aide du numérique ainsi qu'une bonne capacité pour mesurer de manière fiable cette propension au cours du temps. Concernant la validité, nous avons opté pour une validité nomologique en raison de l'absence d'instrument psychométrique permettant d'obtenir les mêmes mesures que celles qui nous intéressaient. Nous avons alors concentré notre analyse sur six traits de personnalité et trois attitudes envers le numérique. Plusieurs de nos prédictions ont été confirmées, et nos résultats ont corroboré l'existence à un niveau théorique de quatre sous-échelles mesurant une propension distincte selon la fonction cognitive qui est supplée.

Ainsi, concernant la sous-échelle « Cognition socio-émotionnelle », même si nous n'avons pas trouvé le lien positif envisagé avec l'extraversion, nous avons pu observer que cette sous-échelle prédisait de façon privilégiée les trois attitudes envers le numérique. Si l'on considère que les individus qui ont un score élevé sur cette sous-échelle ont tendance à employer le numérique pour réguler leur état socio-émotionnel, il est relativement logique d'obtenir un lien fort avec le multitâche numérique, qui correspond bien souvent à des individus qui emploient le numérique pour réaliser des activités passives (e.g., regarder un film) et des activités actives (e.g., répondre à des notifications) de façon conjointe. Le lien reporté également avec les échelles d'addiction à Internet et de nomophobie suggère aussi que les individus qui ont la propension à employer le numérique pour suppléer leur cognition socio-émotionnelle pourraient être plus sujets, si cette propension est trop importante, à des formes pathologiques d'usage du numérique, associées à des symptômes psychologiques, comme l'anxiété ou la

phobie. Le lien négatif rapporté avec la conscienciosité a également suggéré que les individus ayant une propension à utiliser le numérique pour suppléer leur cognition socio-émotionnelle ne seraient pas des individus motivés à un niveau auto-déterminé, mais peut-être plus enclins à des stimulations externes. La présence d'un lien avec l'extraversion, que nous avions pourtant prédit, aurait clairement contribué à soutenir cette hypothèse. Concernant la sous-échelle « Prise de décision », nous avons bien retrouvé un lien positif avec la maximation, comme prédit. Néanmoins, nos résultats ont aussi indiqué que la maximation pouvait entretenir des relations avec les sous-échelles « Cognition socio-émotionnelle » et « Mémoire épisodique/Fonctions exécutives », qui suggèrent que ce lien n'est pas unique. Pour la sous-échelle « Mémoire sémantique », nous avons pu retrouver une relation positive avec l'ouverture, comme prédit également. De façon intéressante, l'ouverture n'était associée à aucune autre sous-échelle, ce qui confirme que les individus curieux pourraient utiliser le numérique de façon plus prononcée afin de s'informer et de se cultiver. Nous avons aussi observé avec les analyses de régression qui ciblaient les trois attitudes envers le numérique que cette sous-échelle pouvait même entretenir un lien négatif avec le multitâche numérique et la nomophobie. Ainsi, cette sous-échelle pourrait refléter un mode de fonctionnement particulier, davantage centré sur la recherche d'informations afin de mener une activité motivée de façon auto-déterminée. Enfin, en ce qui concerne la sous-échelle « Mémoire épisodique/Fonctions exécutives », nos prédictions n'ont pas été confirmées et les liens trouvés avec l'extraversion ou la maximation se sont avérés difficiles à interpréter.

Bien que nos prédictions n'aient pas été pleinement confirmées, les résultats obtenus ont indiqué une certaine forme d'indépendance au niveau théorique entre les quatre sous-échelles et les traits de personnalité et attitudes envers le numérique investigués. Dans ce sens, l'examen de la validité nomologique de notre échelle a été

concluante. Notons que l'objectif de cette échelle n'est pas tant de l'utiliser afin d'extrapoler des traits de personnalité ou des attitudes envers le numérique. Nous avons supposé de tels liens car nous avons postulé que la propension à suppléer une fonction cognitive donnée repose sur un mode de fonctionnement plus général de la personnalité, qui peut aussi amener à une attitude spécifique envers le numérique. Aussi, d'autres études pourraient être amenées à explorer cet aspect dans le détail. Simplement, notre objectif était d'utiliser cette analyse afin de confirmer l'existence de construits théoriques distincts associés à chacune de nos quatre sous-échelles. Comme déjà dit, le but de cette échelle est de comprendre les fonctions cognitives qu'un individu tend à suppléer afin de pouvoir par la suite investiguer les retombées sur les capacités cognitives de cet individu. Par conséquent, bien que notre échelle de cognition numérique puisse donner des pistes quant à la personnalité d'un individu ou son attitude envers le numérique, l'utilisation d'instruments psychométriques développés spécifiquement à cette fin reste évidemment recommandé.

6. Normes de l'échelle en 24 items (Étape 4)

La dernière étape a consisté à proposer des normes pour la version finale de l'échelle ainsi qu'à proposer une version aboutie quant à la manière de convertir les résultats pour obtenir des notes standard plus faciles à interpréter. Nous avons opté pour un score standard T qui correspond au standard utilisé dans le cadre d'échelles de la personnalité ou d'attitude, plutôt qu'à une note de type "QI" (i.e., quotient intellectuel) qui renvoie davantage à l'évaluation des performances du participant. Un nouvel échantillon de 378 participants a été interrogé pour la création des normes de l'échelle de cognition numérique. Compte tenu qu'aucune modification n'a été réalisée lors de l'étape précédente, nous avons également inclus les participants de cette étape

précédente dans l'effectif utile pour la création des normes de l'échelle, portant l'effectif total à 1132 participants.

6.1. Participants

L'échantillon était constitué de 1132 participants (898 Femmes, 226 Hommes, 8 Non-binaires ; Âge : $M = 22.90$, $ET = 7.31$), qui incluait les 754 participants de l'étape précédente ainsi que 378 nouveaux participants, tous étudiants de l'université de Lyon (326 Femmes, 48 Hommes, 4 Non-binaires ; Âge : $M = 20.38$, $ET = 3.23$). Afin d'avoir une meilleure représentation de la population générale, outre des étudiants de l'université de Lyon, des salariés non étudiants (e.g., développeur informatique, agent d'entretien, assistant d'éducation) ont également été interrogés ($n = 466$). Tous les participants ont donné leur consentement pour participer à ce recueil.

6.2. Matériel et procédure

L'échelle en 24 items (**Tableau 3**) était proposée.

6.3. Résultats

Les indices de centralité et de dispersion associés à l'échantillon utile pour créer les normes sont présentés dans le **Tableau 6**. Comme expliqué plus haut, nous avons converti les notes brutes obtenues à l'échelle globale et à chacune des sous-échelles en notes standard T . La note standard T correspond à une transformation de la note centrée réduite z basée sur le principe que la moyenne équivaut à 50 et l'écart-type à 10. Sa formule est la suivante :

$$T = 10 \times z + 50$$

À l'aide de cette transformation, nous avons ainsi converti l'ensemble des scores bruts potentiellement obtenus sur l'échelle et sur chacune des sous-échelle en notes standard *T*. La conversion ainsi réalisée est présentée dans le **Tableau 11**.

< Insérer **Tableau 11** par ici >

6.4. Discussion

Cette dernière étape nous a permis de proposer une version finale de l'échelle qui peut être employée par tout examinateur afin de caractériser le profil d'un individu quant à sa propension à utiliser le numérique pour suppléer sa cognition socio-émotionnelle, sa prise de décision, sa mémoire sémantique, et sa mémoire épisodique/ses fonctions exécutives. La version finale de l'échelle avec les procédures associées pour calculer les différents scores ainsi qu'un feuillet de rendu est disponible en **Supplementary Materials**. Nous avons aussi proposé d'appeler les individus avec un score élevé des individus "NUMERI+" et ceux avec un score faible "NUMERI-".

7. Discussion générale

Le développement du numérique au cours de ces dernières années pose la question de savoir si celui-ci aura un impact ou non à long terme sur nos capacités cognitives. Cette question oriente un programme de recherches fascinant visant à explorer cet aspect que ce soit au niveau comportemental ou cérébral. Pour mener à bien ce programme, il est toutefois nécessaire de pouvoir caractériser la propension avec laquelle les individus utilisent le numérique pour suppléer une fonction cognitive spécifique. L'objectif de cette étude était de produire un tel instrument psychométrique. Sur la base de ce travail de validation, nous avons été en mesure de produire un tel instrument, en proposant également un travail de création de normes permettant aussi

à des praticiens de l'employer et d'interpréter les résultats obtenus à l'échelle globale ou aux quatre sous-échelles.

Il est important de rappeler, une fois encore, que les fonctions cognitives explorées dans notre échelle restent forcément liées au contexte actuel, avec les technologies actuelles. Dans ce sens, nous sommes conscients que l'instrument que nous proposons nécessitera des mises à jour au gré de l'évolution des technologies numériques. Ainsi, peut-être que d'autres fonctions cognitives pourraient progressivement voir leur apparition dans une telle échelle. Toujours est-il que cette échelle peut être dès maintenant employée pour investiguer l'impact du numérique sur les fonctions cognitives ciblées ici.

Il paraît aussi important de souligner une autre limite inhérente à notre échelle. Notre labélisation des fonctions cognitives reste large et décrit bien des fonctions générales, ne permettant pas ainsi de rentrer dans le détail des processus et mécanismes sous-jacents. Par exemple, les fonctions exécutives ont été, depuis un moment, décrites comme pouvant être redistribuées à travers plusieurs fonctions comme l'inhibition, la mise à jour et la flexibilité (e.g., Miyake et al., 2000). Si notre sous-échelle ne permet pas de rentrer dans ce niveau de granularité, ceci ne résulte pas de la construction de celle-ci, puisqu'il est certainement impossible de savoir précisément quel mécanisme ou processus cognitif un individu cherche à suppléer à travers le numérique. Comment peut-on savoir si un individu utilise le numérique pour suppléer ses capacités d'inhibition ou de mise à jour, étant donné que ces mécanismes interagissent lors d'un grand nombre de nos activités. Ceci reste un défi peut-être impossible à relever. Pour cette raison, développer une échelle de cognition numérique qui décrit les fonctions et non les mécanismes ou processus cognitifs semble bien correspondre au bon niveau de granularité possible.

Cette échelle étant désormais prête à l'emploi, celle-ci peut s'avérer utile pour investiguer comment la propension à utiliser pour suppléer certaines fonctions cognitives impactent les capacités de ces dites fonctions. Nous avons expliqué en introduction avoir choisi de ne pas orienter le lien entre l'usage et l'impact sur les capacités cognitives, en employant le terme « suppléer. » Cependant, sur la base de nos résultats, il est possible de postuler au moins deux hypothèses quant au sens que pourrait prendre l'usage intensif du numérique pour suppléer certaines fonctions cognitives. La première hypothèse est que l'utilisation du numérique pour suppléer la mémoire sémantique pourrait avoir un impact bénéfique en permettant à l'individu d'accroître ses connaissances et sa culture et, par conséquent, les capacités de mémoire sémantique. Ce lien est argumenté à partir de l'idée que le numérique fournit les mêmes opportunités pour accéder à des savoirs que les livres, par exemple. Dans ce contexte, il apparaît peu vraisemblable qu'un usage important du numérique pour suppléer la mémoire sémantique ait un effet néfaste sur cette dernière, notamment si cela finalement concerne des individus plutôt ouverts, motivés par une curiosité intrinsèque pour s'ouvrir vers des savoirs. La seconde hypothèse est que l'utilisation du numérique pour suppléer la cognition socio-émotionnelle pourrait avoir un impact négatif sur cette fonction. Ce lien est argumenté par le lien que nous avons reporté entre l'usage numérique pour suppléer cette fonction et l'addiction à Internet, le multitâche numérique et la nomophobie. Concernant la propension à employer le numérique pour suppléer la prise de décision ou la mémoire épisodique/fonctions exécutives, aucun impact ne peut réellement être prédit à partir de nos résultats. Notons toutefois que sur la base des travaux qui ont rapporté un phénomène de type « oubli dirigé » lors de l'utilisation d'outils cognitifs ou numériques (Henkel, 2014 ; Sparrow et al., 2011 ; Storm & Stone, 2015), il serait possible de supposer que la propension à utiliser le numérique

pour suppléer la mémoire épisodique/fonctions exécutives pourrait avoir un impact négatif sur cette fonction à long terme.

Pour conclure, nous souhaitons discuter des applications possibles de notre échelle. Comme indiqué, l'idée est avant tout de permettre de contribuer à des recherches futures qui viseraient à caractériser l'impact du numérique sur notre neurocognition. Une fois cette étape réalisée, les applications peuvent être doubles. D'une part, au niveau individuel, cette échelle peut permettre de caractériser le profil de cognition numérique d'un individu et ainsi détecter voire prévenir les effets que son profil peut avoir sur le long terme sur sa neurocognition individuelle. D'autre part, au niveau du groupe, les résultats des recherches menées grâce à cette échelle peuvent aider à mieux cerner les effets du numérique sur la neurocognition et ainsi penser des façons d'adapter les technologies numériques de façon à répondre à ces effets. À titre d'exemple, un projet de recherche en cours intègre l'échelle NUMERICOG dans un ensemble d'outils de mesure pour suivre les effets de l'intégration du numérique sur les postes de travail d'ouvriers dans l'industrie. En effet, la dynamique Industrie 4.0 transforme en profondeur les métiers et les comportements. Ce projet articulé autour de l'échelle NUMERICOG cherche à observer l'impact de ces transformations sur les pratiques numériques mais aussi à analyser si certains usages privés facilitent l'appropriation du numérique en milieu professionnel.

8. Remerciements

Ce travail a également été financé par la Région Auvergne-Rhône-Alpes dans le cadre du projet NUMERICOG (2017-900-EA 3082 EMC-R-2075) ainsi que par l'ANRT dans le cadre d'un contrat CIFRE impliquant le laboratoire EMC et l'entreprise Humans Matter.

9. Références

- Alzahabi, R., & Becker, M. W. (2013). The association between media multitasking, task-switching, and dual-task performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *39*, 1485–1495. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0031208>
- Bentler, P. M. (1990). Comparative fit indexes in structural models. *Psychological Bulletin*, *107*, 238-246. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-2909.107.2.238>
- Binder, J., & Desai, R. (2011). The neurobiology of semantic memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *15*, 527–536. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.10.001>
- Bjork, R. A. (1989). Retrieval inhibition as an adaptive mechanism in human memory. In H. L. Roediger III & F. I. M. Craik (Eds.), *Varieties of memory and consciousness: Essays in honour of Endel Tulving* (pp. 309–330). Erlbaum.
- Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. John Wiley & Sons.
- Boyd, R., Richerson, P. J., & Henrich, J. (2011). The cultural niche: Why social learning is essential for human adaptation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *108*, 10918–10925. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100290108>
- Carr, N. (2011). *The shallows: What the Internet is doing to our brains*. Norton.
- Cattell, R. B. (1978). *The scientific use of factor analysis in behavioral and life sciences*. Plenum press.
- Clark, A., & Chalmers, D. (1998). The extended mind. *Analysis*, *58*, 7–19. <https://www.jstor.org/stable/3328150>
- Costa, P. T. Jr., & McCrae, R. R. (1992). Four ways five factors are basic. *Personality and Individual Differences*, *13*, 653–665. [https://doi.org/10.1016/0191-8869\(92\)90236-I](https://doi.org/10.1016/0191-8869(92)90236-I)
- Dahmani, L., & Bohbot, V. D. (2020). Habitual use of GPS negatively impacts spatial memory during self-guided navigation. *Scientific Reports*, *10*, 6310. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62877-0>
- Danel, S., Osiurak, F., & von Bayern, A. M. P. (2017). From the age of 5 humans decide economically, whereas crows exhibit individual preferences. *Scientific Reports*, *7*, 17043. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16984-0>
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, *64*, 135–168. <https://doi.org/10.1146%2Fannurev-psych-113011-143750>
- DiStefano, C. (2002). The impact of categorization with confirmatory factor analysis. *Structural Equation Modeling*, *9*, 327–346. https://doi.org/10.1207/S15328007SEM0903_2
- Einstein, G. O., & McDaniel, M. A. (2005). Prospective memory: Multiple retrieval processes. *Current Directions in Psychological Science*, *14*, 286–290. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2005.00382.x>
- Everitt BS. (1975) Multivariate analysis: the need for data, and other problems. *British Journal of Psychiatry*, *126*, 237–240. <https://doi.org/10.1192/bjp.126.3.237>
- Faure, J., Joulain, M. et Osiurak, F. (2015). Validation en langue française des échelles de maximation et de regret de Schwartz et collaborateurs. *Psychologie Française*, *60*, 301–316. <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2014.10.001>
- Fisher, M., Goddu, M. K., & Keil, F. C. (2015). Searching for explanations: How the Internet inflates estimates of internal knowledge. *Journal of Experimental Psychology: General*, *144*, 674–687. <http://dx.doi.org/10.1037/xge0000070>

- Flora, D. B., & Curran, P. J. (2004). An empirical evaluation of alternative methods of estimation for confirmatory factor analysis with ordinal data. *Psychological Methods, 9*, 466–491. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/1082-989X.9.4.466>
- Gana, K., Boudouda, N. E., Ben Youssef, S., Calcagni, N., & Broc, G. (2021). Adaptation transculturelle de tests et échelles de mesure psychologiques: Guide pratique basé sur les Recommandations de la Commission Internationale des Tests et les Standards de pratique du *testing* de l'APA. *Pratiques Psychologiques, 27*, 223–240. <https://doi.org/10.1016/j.prps.2021.02.001>
- Gilbert, S. J. (2015). Strategic use of reminders: Influence of both domain-general and task-specific metacognitive confidence, independent of objective memory ability. *Consciousness and Cognition, 33*, 245–260. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2015.01.006>
- Gilley, W. F., & Uhlig, G. E. (1993). Factor analysis and ordinal data. *Education, 114*, 258–264.
- Gorsuch, R. L. (1983). *Factor Analysis, 2nd edition*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Heersmink, R. (2013). A taxonomy of cognitive artifacts: Function, information and categories. *Review of Philosophy and Psychology, 4*, 465–481. <https://doi.org/10.1007/s13164-013-0148-1>
- Henkel, L. A. (2014). Point-and-shoot memories: The influence of taking photos on memory for a museum tour. *Psychological Science, 25*, 396–402. <https://doi.org/10.1177/0956797613504438>
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling, 6*, 1–55. <https://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Isaacson, W. (2007). *Einstein : Sa vie et son temps*. Guy Trédaniel.
- Jöreskog, K. G., & Moustaki, I. (2001). Factor analysis of ordinal variables: A comparison of three approaches. *Multivariate Behavioral Research, 36*, 347–387. <https://doi.org/10.1207/S15327906347-387>
- Jöreskog, K. G. (2001). *Structural equation modeling with ordinal variables using LISREL*. Retrieved January, 2015, from <http://www.ssicentral.com/lisrel/techdocs/ordinal.pdf>
- Karl, A., Schaefer, M., Malta, L.S., Dorfel, D., Rohleder, N., & Werner, A. (2006). A meta-analysis of structural brain abnormalities in PTSD. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 30*, 1004–1031. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2006.03.004>
- Kim, J.-O., & Muller, C. W. (1978). *Factor analysis: Statistical methods and practical issues*. Sage.
- Kirsh, D. (1995). The intelligent use of space. *Artificial Intelligence, 73*, 31–68. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(94\)00017-U](https://doi.org/10.1016/0004-3702(94)00017-U)
- Kirsh, D., & Maglio, P. (1994). On distinguishing epistemic from pragmatic actions. *Cognitive Science, 18*, 513–549. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(94\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0364-0213(94)90007-8)
- MacCallum, R. C., Browne, M. W., & Sugawara, H. M. (1996). Power analysis and determination of sample size for covariance structure modeling. *Psychological Methods, 1*, 130–149.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology, 41*, 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Nunnally, J. C. (1978). *Psychometric theory*, 2nd edition. McGraw-Hill.
- O'Reilly, R. C. (2010). The *What* and *How* of prefrontal cortical organization. *Trends in Neuroscience, 33*, 355–361. <https://doi.org/10.1016/j.tins.2010.05.002>
- Ophir, E., Nass, C., & Wagner, A.D. (2009). Cognitive controls in media multitaskers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 106*, 15583–15587. <https://doi.org/10.1073/pnas.0903620106>

- Osiurak, F., Claidière, N., & Federico, G. (2022). Bringing cumulative technological culture beyond copying versus reasoning. *Trends in Cognitive Sciences, in press*. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2022.09.024>
- Osiurak, F., Griffon, P., Reynaud, E., & Navarro, J. (2021). The *Toolman* effect: Preexisting non-tool-use experience improves subsequent tool-use performance. *Acta Psychologica, 220*, 103389. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2021.103389>
- Osiurak, F., Lasserre, S., Arbanti, J., Brogniart, J., Bluet, A., Navarro, J., & Reynaud, E. (2021). Technical reasoning is important for cumulative technological culture. *Nature Human Behaviour*. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01159-9>
- Osiurak, F., Morgado, N., & Palluel-Germain, R. (2012). Tool use and perceived distance: When unreachable becomes spontaneously reachable. *Experimental Brain Research, 218*, 331–339. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3036-5>
- Osiurak, F., Morgado, N., Vallet, G., Drot, M., & Palluel-Germain, R. (2014). Getting a tool gives wings: Underestimation of effort for tool use. *Psychological Research, 78*, 1–9. <https://doi.org/10.1007/s00426-013-0485-9>
- Osiurak, F., Navarro, J., & Reynaud, E. (2018). How our cognition shapes and is shaped by technology: A common framework for understanding human tool-use interactions in the past, present, and future. *Frontiers in Psychology, 9*, 293. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00293>
- Osiurak, F., & Reynaud, E. (2020). The elephant in the room: What matters cognitively in cumulative technological culture. *Behavioral and Brain Sciences, 43*, e156. <https://doi.org/10.1017/S0140525X19003236>
- Plaisant, O., Courtois, R., Réveillère, C., Mendelsohn, G. A., & John, O. P. (2010). Validation par analyse factorielle du Big Five Inventory français (BFI-Fr): Analyse convergente avec le NEO-PI-R. *Annales Médico-Psychologiques, 168*, 97–106. <https://doi.org/10.1016/j.amp.2009.09.003>
- Preacher, K. J. & MacCallum, R.C. (2003). Repairing Tom Swift's electric factor analysis machine. *Understanding Statistics, 2*, 13–43. https://doi.org/10.1207/S15328031US0201_02
- Quesque, F., & Rossetti, Y. (2020). What do theory of mind tasks actually measure? Theory and practice. *Perspectives on Psychological Science, 15*, 384–396. <https://doi.org/10.1177/1745691619896607>
- Risko, E. F., & Gilbert, S. J. (2016). Cognitive offloading. *Trends in Cognitive Sciences, 20*, 676–688. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002>
- Risko, E. F., Medimorec, S., Chisholm, J., & Kingstone, A. (2014). Rotating with rotated text: A natural behavior approach to investigating cognitive offloading. *Cognitive Science, 38*, 537–564. <https://doi.org/10.1111/cogs.12087>
- Rust, J. & Golombok, S. (1999). *Modern psychometrics*. Routledge,
- Schwartz, B. (2000). Self-determination. The tyranny of freedom. *American Psychologist, 55*, 79–88. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0003-066X.55.1.79>
- Schwartz, B., Ward, A., Monterosso, J., Lyubomirsky, S., White, K., & Lehman, D.R. (2002). Maximizing versus satisficing: Happiness is a matter of choice. *Journal of Personality and Social Psychology, 83*, 1178–1197. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-3514.83.5.1178>
- Sparrow, B., Liu, J., & Wegner, D. M. (2011). Google effects on memory: Cognitive consequences of having information at our fingertips. *Science, 333*, 776–778. <https://doi.org/10.1126/science.1207745>
- Storm, B. C., & Stone, S. M. (2015). Saving-enhanced memory: The benefits of saving on the learning and remembering of new information. *Psychological Science, 26*, 182–188. <https://doi.org/10.1177/0956797614559285>

- Trizano-Hermosilla, I., & Alvarado, J. M. (2016). Best alternatives to Cronbach's alpha reliability in realistic conditions: Congeneric and asymmetrical measurements. *Frontiers in Psychology, 7*, 769. <http://dx.doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00769>
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: From mind to brain. *Annual Review of Psychology, 53*, 1–25. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1146/annurev.psych.53.100901.135114>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science, 184*, 1124–1131. <https://doi.org/10.1126/science.185.4157.1124>
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science, 211*, 453–458. <https://doi.org/10.1126/science.7455683>
- Virgo, J., Pillon, J., Navarro, J., Reynaud, E., & Osiurak, F. (2017). Are you sure you're faster when using a cognitive tool? *American Journal of Psychology, 130*, 493–503. <https://doi.org/10.5406/amerjpsyc.130.4.0493>
- Wegner, D. M., Erber, R., & Raymond, P. (1991). Transactive memory in close relationships. *Journal of Personality and Social Psychology, 61*, 923–929.
- Weis, P. P., & Wiese, E. (2019). Problem solvers adjust cognitive offloading based on performance goals. *Cognitive Science: A Multidisciplinary Journal, 43*, e12802. <https://doi.org/10.1111/cogs.12802>
- Witt, J. K., & Proffitt, D. R. (2008). Action-specific influences on distance perception: A role for motor simulation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 34*, 1479–1492. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/a0010781>
- Witt, J. K., Proffitt, D. R., & Epstein, W. (2005). Tool use affects perceived distance, but only when you intend to use it. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 31*, 880–888. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0096-1523.31.5.880>
- Yildirim, C., & Correia, A. P. (2015). Exploring the dimensions of nomophobia: Development and validation of a self-reported questionnaire. *Computers Human Behavior, 9*, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.02.059>
- Young, K. S. (1998). Internet addiction: The emergence of a new clinical disorder. *CyberPsychology and Behavior, 3*, 237–244. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1089/cpb.1998.1.237>

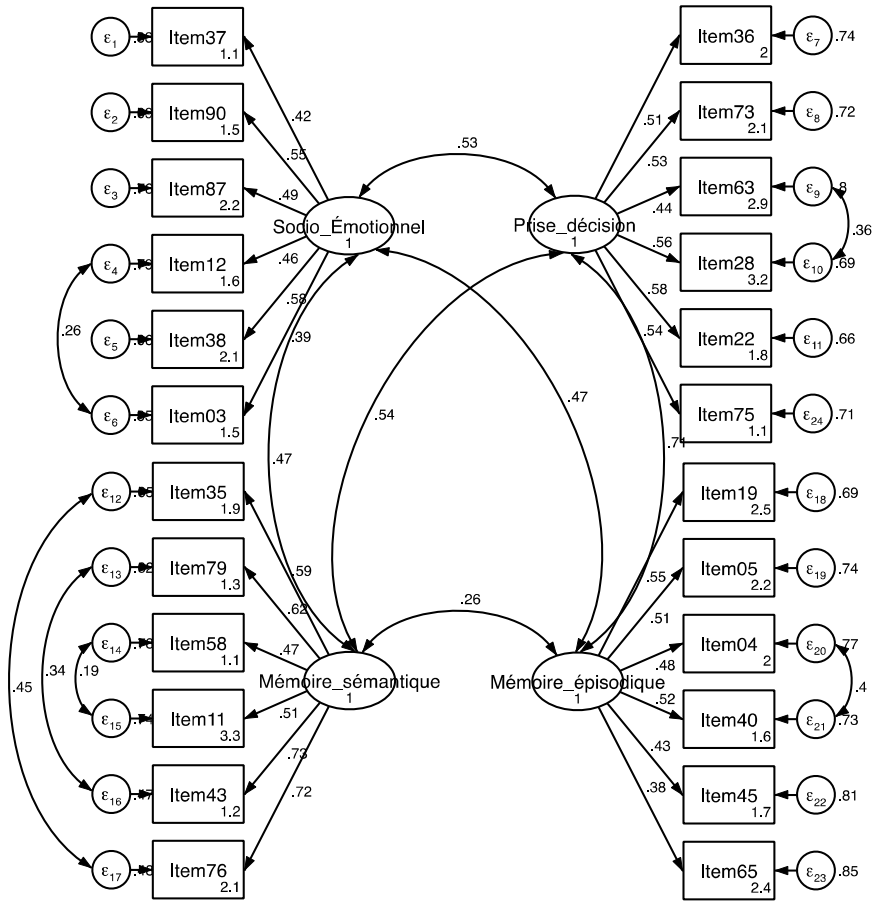


Figure 1. R
l'échelle.

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Tableau 1. Usages numériques rapportés lors de l'enquête.

	Communication	Cours	Distraction	Information	Organisation
Semaine					
Réveil	88 (.24)	15 (.04)	52 (.14)	34 (.09)	176 (.48)
Transport	56 (.20)	11 (.04)	180 (.63)	18 (.06)	22 (.08)
Cours/travail	63 (.20)	152 (.49)	46 (.15)	21 (.07)	26 (.08)
Soirée	114 (.24)	112 (.23)	221 (.46)	22 (.05)	11 (.02)
Coucher	68 (.30)	7 (.03)	109 (.48)	13 (.06)	28 (.12)
Nuit	0 (.00)	0 (.00)	11 (.79)	1 (.07)	2 (.14)
Weekend					
Réveil	63 (.25)	18 (.07)	69 (.27)	26 (.10)	75 (.30)
Matin	47 (.21)	61 (.27)	91 (.41)	12 (.05)	12 (.05)
Après-midi	59 (.23)	91 (.35)	95 (.37)	10 (.04)	5 (.02)
Soirée	57 (.24)	24 (.10)	137 (.58)	13 (.06)	5 (.02)
Coucher	33 (.31)	2 (.02)	61 (.57)	4 (.04)	7 (.07)
Nuit	1 (.17)	0 (.00)	3 (.50)	0 (.00)	2 (.33)
Exemples	Regarder les courriels	Réviser	Lire	Lire les actualités	Réveil
	Regarder les notifications	Prendre des cours	Se distraire	Regarder les infos	Horaires métro/bus
	Parler à des amis	Travailler	Se détendre	Lire la presse	S'orienter/ne pas se perdre
	Discuter	Prendre des notes	Regarder des films	Faire des recherches	Évaluer le temps de trajet
	Vie sociale	Étudier	Écouter de la musique	S'informer	Aide pour la cuisine
	Parler à des proches	Apprendre les cours	S'amuser	Lire les nouvelles	Connaître la météo
	Communiquer	Faire les devoirs	Danser	Chercher une information	M'habiller

Les valeurs entre parenthèses représentent les proportions calculées pour chaque moment de la journée selon la période (semaine ou weekend).

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Tableau 2. Répartition des réponses en fonction des items dans la pré-version de l'échelle en 94 items.

Items	Jamais	Rarement	Parfois	Régulièrement	Fréquemment
1. Pour gérer le temps que je mets afin d'effectuer une tâche	111	109	85	51	36
2. Pour suivre le journal télévisé	147	83	90	40	32
3. Pour m'aider à me concentrer lors d'une tâche (e.g., écouter de la musique)	79	53	88	92	80
4. Pour me souvenir de rendez-vous (e.g., rappel d'agenda)	39	43	90	90	130
5. Pour regarder des recettes de cuisine	18	57	144	114	59
6. Pour enregistrer un cours, une conférence ou une réunion	131	105	69	46	41
7. Pour mieux entendre (e.g., à l'aide d'une prothèse auditive)	378	9	0	2	3
8. Pour prendre rendez-vous avec mes proches	45	43	76	109	119
9. Pour m'informer sur un sujet en particulier	0	2	23	104	263
10. Pour gérer mon emploi du temps	42	54	76	94	126
11. Pour augmenter mon niveau de culture générale	5	19	72	142	154
12. Pour mieux gérer mes émotions (e.g., écouter de la musique pour me calmer quand je suis énervé.e ou pour me réveiller quand je suis fatigué.e)	60	66	77	97	92
13. Pour suivre des MOOC	211	91	55	20	15
14. Pour réaliser des films ou des vidéos type podcast	292	46	28	13	13
15. Pour apprendre le code de la route	251	62	41	24	14
16. Pour coder des programmes informatiques	266	51	33	18	24
17. Pour relever mes données physiologiques (e.g., lorsque je fais du sport)	224	65	52	38	13
18. Pour me plaindre sur les réseaux sociaux d'une personne, d'une institution ou d'un événement qui vient de m'arriver	238	96	42	11	5
19. Pour réaliser des calculs (e.g., à l'aide d'une calculatrice)	10	48	133	134	67
20. Pour prendre des photos et/ou des vidéos	6	11	66	145	164
21. Pour apprendre une langue étrangère	110	103	90	60	29
22. Pour suivre le déplacement d'objets (e.g. le suivi de colis)	30	115	134	71	42
23. Pour demander ou rendre des services à mon entourage	49	83	124	94	42
24. Pour m'orienter en tant que piéton.ne (e.g., en ville ou en campagne)	17	33	115	134	93
25. Pour compléter et réorganiser mes notes de cours, de conférences ou de réunion	84	56	64	89	99
26. Pour lire des articles scientifiques	35	55	84	106	112
27. Pour faire une visio-conférence avec mes proches	122	123	68	44	35
28. Pour obtenir la définition d'un mot inconnu	2	23	99	137	131
29. Pour diffuser des films ou des vidéos à mes proches	84	86	105	78	39
30. Pour créer de l'art numérique	251	74	39	17	11
31. Pour déterminer le trajet le plus court en transport en commun	13	45	100	130	104
32. Pour organiser des données et réaliser des calculs dessus (e.g., à l'aide de tableurs)	94	96	84	57	61

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

33. Pour faire une visio-conférence avec des collègues de travail	255	69	32	16	20
34. Pour suivre les performances sportives d'athlètes	242	71	43	17	19
35. Pour lire la presse	35	63	110	97	87
36. Pour me renseigner sur mon prochain voyage	23	80	127	96	66
37. Pour prendre contact avec des personnes que je ne connais pas	117	131	74	46	24
38. Pour discuter avec plusieurs personnes en même temps	34	37	70	87	164
39. Pour évaluer et entraîner mes fonctions cognitives (e.g., à l'aide d'une application ludique nécessitant de la logique, de la mémoire, de l'attention...)	161	117	65	30	19
40. Pour me souvenir de choses à faire (e.g., liste de courses)	71	48	93	102	78
41. Pour me réveiller le matin	32	15	15	32	298
42. Pour me renseigner sur l'actualité de mon lieu de travail ou d'étude	53	59	97	92	91
43. Pour suivre les débats politiques	111	115	85	57	24
44. Pour prendre ma température corporelle (e.g., lorsque je suis malade)	320	46	23	3	0
45. Pour me rappeler l'anniversaire de mes proches	51	58	108	101	74
46. Pour coder des programmes informatiques	273	47	25	20	27
47. Pour me divertir	3	3	25	77	284
48. Pour me coordonner avec le groupe lors de projets collaboratifs	44	45	73	115	115
49. Pour signaler à mes proches où je me situe géographiquement parlant	170	106	61	34	21
50. Pour échanger des documents de travail avec des collègues	22	25	75	138	132
51. Pour m'aider à garer ma voiture (e.g., à l'aide d'un radar de recul)	324	15	17	15	21
52. Pour contacter des taxis	236	71	46	21	18
53. Pour poster des éléments personnels sur les réseaux sociaux	100	121	95	42	34
54. Pour rédiger un document (e.g., lettre, rapport)	11	16	51	112	202
55. Pour évaluer mes connaissances sur un sujet (e.g., à l'aide d'une application ludique de type quizz)	118	127	94	39	14
56. Pour lire la presse spécialisée (e.g., en informatique, en mode, en sport...)	85	77	94	75	61
57. Pour jouer à des jeux vidéo	103	70	67	53	99
58. Pour découvrir et/ou diffuser des œuvres d'art	123	108	69	55	37
59. Pour ajuster le niveau sonore d'une pièce	284	42	27	26	13
60. Pour connaître le taux d'humidité de mon logement	360	19	8	3	2
61. Pour regarder l'heure	2	4	23	57	306
62. Pour découvrir de nouvelles musiques	17	29	74	121	151
63. Pour vérifier l'orthographe d'un mot	6	27	104	128	127
64. Pour lire des livres	177	90	59	43	23
65. Pour regarder la météo (e.g., afin de m'habiller en conséquence)	23	32	80	118	139
66. Pour me tenir au courant de "l'actualité" de mes proches sur les réseaux sociaux	30	36	92	116	118
67. Pour réguler l'intensité de mon effort physique lorsque je fais du sport	309	39	21	17	6
68. Pour prendre des notes d'un cours, d'une conférence ou d'une réunion	91	66	54	74	107

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

69. Pour créer un site web	282	58	26	12	14
70. Pour connaître le temps d'attente de mon prochain transport en commun	105	58	73	89	67
71. Pour contacter mes proches	4	8	32	82	266
72. Pour ajuster ma prise de médicaments (e.g., appareil à mesure de glycémie pour les personnes diabétiques)	359	8	7	2	16
73. Pour collecter des avis sur un événement, un lieu ou un produit (e.g., concert, cinéma, hôtel, restaurant, vêtement, appareil photo...)	31	43	138	112	68
74. Pour ajuster le niveau de luminosité d'une pièce	358	18	8	1	7
75. Pour réaliser des conversions monétaires (e.g., euros vers dollars)	118	152	73	26	23
76. Pour suivre l'actualité de la société	29	55	95	120	93
77. Pour m'orienter lorsque je suis dans un véhicule (e.g., à l'aide d'un GPS)	51	37	95	112	97
78. Pour analyser la composition de mon sang ou d'une autre partie physiologique de mon corps	365	15	9	1	2
79. Pour me renseigner sur un.e candidat.e politique et son programme	80	159	104	34	15
80. Pour rédiger des documents en groupe	46	65	86	105	90
81. Pour connaître la température de mon logement	335	20	14	11	12
82. Pour pallier la déficience de l'un de mes organes (e.g., stimulateur cardiaque)	388	2	1	0	1
83. Pour mieux voir les objets lointains ou très petits (e.g., à l'aide d'un smartphone ou d'une caméra)	306	53	23	3	7
84. Pour vérifier la qualité de mon sommeil lorsque je dors	344	21	9	11	7
85. Pour acheter et/ou réserver un événement, un lieu ou un produit (e.g., concert, cinéma, hôtel, restaurant, vêtement, appareil photo...)	13	44	143	116	76
86. Pour poster des selfies sur les réseaux sociaux	184	117	65	15	11
87. Pour regarder des films ou des vidéos type podcast	29	38	63	105	157
88. Pour m'aider à conduire ma voiture (e.g., compteur de vitesse)	252	33	36	29	42
89. Pour connaître le nombre de calories que je brûle (e.g., lors d'un effort physique)	282	46	36	18	10
90. Pour demander ou donner des conseils à mon entourage	65	80	127	76	44
91. Pour suivre mes performances sportives	283	51	27	20	11
92. Pour créer des articles d'encyclopédies en ligne ou de sites web	332	38	12	5	5
93. Pour suivre l'évolution de mon poids	305	43	21	13	10
94. Pour contrôler mon état de satiété ou ma prise alimentaire (e.g., balance de cuisine numérique pour peser les aliments)	340	26	13	8	5

La question posée avant l'item est "j'utilise le numérique...". Les items en gris, gras et italique correspondent aux items qui ont été exclus suite à ce premier recueil de données car le mode était au moins égal à la moitié de l'effectif de l'échantillon (i.e., ≥ 196). $n = 392$.

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Tableau 3. Répartition des 57 items de la pré-version de l'échelle dans les 5 facteurs obtenus à la suite de l'analyse factorielle ainsi que leurs saturations respectives.

Items	Prise de décision	Mémoire Sémantique	Cognition socio-émotionnelle	Mémoire épisodique/ fonctions exécutives	Cours	Variance unique	CMC ^a
28. Pour obtenir la définition d'un mot inconnu	0.62	0.08	0.25	-0.05	-	0.52	0.51
63. Pour vérifier l'orthographe d'un mot	0.58	0.04	0.21	0.01	-	0.60	0.47
36. Pour me renseigner sur mon prochain voyage	0.56	0.01	0.01	-0.01	-	0.69	0.31
22. Pour suivre le déplacement d'objets (e.g. le suivi de colis)	0.51	-0.01	0.05	0.07	-	0.67	0.36
75. Pour réaliser des conversions monétaires (e.g., euros vers dollars)	0.50	0.06	0.28	-0.05	-	0.66	0.33
73. Pour collecter des avis sur un événement, un lieu ou un produit (e.g., concert, cinéma, hôtel, restaurant, vêtement, appareil photo...)	0.43	0.08	0.01	0.02	-	0.70	0.33
76. Pour suivre l'actualité de la société	0.02	0.83	-0.01	-0.01	-	0.30	0.67
35. Pour lire la presse	0.06	0.82	-0.07	-0.06	-	0.40	0.61
43. Pour suivre les débats politiques	-0.03	0.77	0.05	0.07	-	0.36	0.65
79. Pour me renseigner sur un.e candidat.e politique et son programme	-0.12	0.67	0.01	0.08	-	0.48	0.56
11. Pour augmenter mon niveau de culture générale	0.10	0.31	0.17	0.07	-	0.62	0.45
58. Pour découvrir et/ou diffuser des œuvres d'art	-0.11	0.36	0.35	-0.15	-	0.62	0.41
12. Pour mieux gérer mes émotions (e.g., écouter de la musique pour me calmer quand je suis énervé.e ou pour me réveiller quand je suis fatigué.e)	-0.12	0.03	0.61	0.01	-	0.64	0.36
38. Pour discuter avec plusieurs personnes en même temps	0.19	-0.07	0.59	0.11	-	0.61	0.39
03. Pour m'aider à me concentrer lors d'une tâche (e.g., écouter de la musique)	-0.29	0.11	0.57	0.05	-	0.70	0.32
90. Pour demander ou donner des conseils à mon entourage	0.01	0.03	0.52	0.01	-	0.69	0.35
87. Pour regarder des films ou des vidéos type podcast	0.13	0.06	0.38	-0.04	-	0.75	0.28
37. Pour prendre contact avec des personnes que je ne connais pas	-0.11	0.07	0.35	-0.13	-	0.77	0.31
40. Pour me souvenir de choses à faire (e.g., liste de courses)	-0.04	0.01	0.12	0.70	-	0.48	0.49
04. Pour me souvenir de rendez-vous (e.g., rappel d'agenda)	0.02	-0.01	-0.11	0.68	-	0.52	0.48
05. Pour regarder des recettes de cuisine	0.32	0.07	-0.13	0.41	-	0.72	0.28
19. Pour réaliser des calculs (e.g., à l'aide d'une calculatrice)	0.34	0.10	-0.07	0.39	-	0.69	0.33
65. Pour regarder la météo (e.g., afin de m'habiller en conséquence)	0.29	0.11	-0.05	0.34	-	0.79	0.23
45. Pour me rappeler l'anniversaire de mes proches	-0.05	-0.12	0.26	0.33	-	0.74	0.30
68. Pour prendre des notes d'un cours, d'une conférence ou d'une réunion	0.04	-0.01	0.01	-0.09	0.84	0.32	
25. Pour compléter et réorganiser mes notes de cours, de conférences ou de réunion	-0.07	0.02	0.01	-0.06	0.81	0.38	
06. Pour enregistrer un cours, une conférence ou une réunion	0.01	-0.01	-0.03	0.08	0.62	0.61	
80. Pour rédiger des documents en groupe	0.01	-0.01	0.20	0.15	0.56	0.52	
10. Pour gérer mon emploi du temps	0.05	0.08	-0.04	0.82	-	0.31	
85. Pour acheter et/ou réserver un	0.70	-0.06	-0.01	0.01	-	0.53	

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

événement, un lieu ou un produit (e.g., concert, cinéma, hôtel, restaurant, vêtement, appareil photo...)						
56. Pour lire la presse spécialisée (e.g., en informatique, en mode, en sport...)	0.09	0.57	0.06	-0.09	-	0.50
49. Pour signaler à mes proches où je me situe géographiquement parlant	-0.14	0.55	0.13	-0.09	-	0.62
77. Pour m'orienter lorsque je suis dans un véhicule (e.g., à l'aide d'un GPS)	0.58	-0.08	-0.19	0.36	0.02	0.51
26. Pour lire des articles scientifiques	0.11	0.31	-0.08	-0.05	0.55	0.50
62. Pour découvrir de nouvelles musiques	0.02	0.07	0.53	-0.04	-0.38	0.57
24. Pour m'orienter en tant que piéton.ne (e.g., en ville ou en campagne)	0.49	0.07	0.26	0.10	-0.09	0.48
48. Pour me coordonner avec le groupe lors de projets collaboratifs	0.05	-0.07	0.48	-0.02	0.36	0.53
66. Pour me tenir au courant de "l'actualité" de mes proches sur les réseaux sociaux	0.06	0.13	0.33	0.47	-0.19	0.59
31. Pour déterminer le trajet le plus court en transport en commun	0.45	-0.07	0.19	0.03	0.24	0.56
55. Pour évaluer mes connaissances sur un sujet (e.g., à l'aide d'une application ludique de type quizz)	0.21	0.15	0.45	-0.13	-0.11	0.70
20. Pour prendre des photos et/ou des vidéos	0.44	-0.14	0.05	0.43	-0.05	0.52
86. Pour poster des selfies sur les réseaux sociaux	0.07	-0.12	0.43	0.39	-0.27	0.59
21. Pour apprendre une langue étrangère	0.26	0.02	0.43	-0.13	-0.11	0.72
32. Pour organiser des données et réaliser des calculs dessus (e.g., à l'aide de tableurs)	0.08	0.06	-0.15	0.25	0.42	0.70
23. Pour demander ou rendre des services à mon entourage	0.39	-0.02	0.40	-0.03	-0.01	0.59
08. Pour prendre rendez-vous avec mes proches	0.26	0.05	0.38	-0.06	-0.03	0.75
53. Pour poster des éléments personnels sur les réseaux sociaux	0.14	-0.02	0.38	0.35	-0.21	0.63
39. Pour évaluer et entraîner mes fonctions cognitives (e.g., à l'aide d'une application ludique nécessitant de la logique, de la mémoire, de l'attention.)	0.12	0.21	0.34	-0.16	-0.14	0.78
02. Pour suivre le journal télévisé	-0.01	0.26	0.12	0.33	-0.19	0.80
29. Pour diffuser des films ou des vidéos à mes proches	0.29	0.01	0.30	0.12	0.02	0.69
57. Pour jouer à des jeux vidéo	-0.24	0.16	0.30	0.06	-0.02	0.88
70. Pour connaître le temps d'attente de mon prochain transport en commun	0.21	-0.01	0.29	0.20	0.17	0.64
01. Pour gérer le temps que je mets afin d'effectuer une tâche	-0.15	0.11	0.29	0.23	0.21	0.74
27. Pour faire une visio-conférence avec mes proches	0.28	0.05	0.17	0.16	0.04	0.76
42. Pour me renseigner sur l'actualité de mon lieu de travail ou d'étude	0.09	0.20	0.23	-0.08	0.25	0.72
64. Pour lire des livres	-0.07	0.25	0.18	0.09	0.02	0.88

^a CMC, Corrélation multiples au carré. Les saturations en gras correspondent aux items associés à chaque facteur. Les lignes grisées correspondent aux items complexes mais conservés. $n = 392$.

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Tableau 4. *Indices d'ajustement du modèle en 4 facteurs.*

	χ^2	χ^2/ddl	AIC	NNFI	CFI	RMSEA	<i>p</i> -close	SRMR
Modèle 1	665	2.70	28059	0.78	0.80	0.06	.001	0.06
Modèle 2	447	1.86	27853	0.90	0.91	0.04	.05	0.05

AIC, Akaike Information Criterion ; NNFI, Non-Normed Fit Index ; CFI, Comparative Fit Index ; RMSEA, Root Mean Square Error of Approximation ; SRMR, Standardized Root Mean Squared Residual.

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Tableau 5. *Échelle de cognition numérique (Version finale en 24 items).*

J'utilise le numérique...	Jamais	Rarement	Parfois	Régulièrement	Fréquemment
1. Pour me renseigner sur mon prochain voyage					
2. Pour lire la presse					
3. Pour collecter des avis sur un événement un lieu ou un produit (e.g., concert, cinéma, hôtel, restaurant, vêtement, appareil photo...)					
4. Pour me renseigner sur un.e candidat.e politique et son programme					
5. Pour réaliser des calculs (e.g., à l'aide d'une calculatrice)					
6. Pour découvrir et/ou diffuser des œuvres d'art					
7. Pour prendre contact avec des personnes que je ne connais pas					
8. Pour vérifier l'orthographe d'un mot					
9. Pour regarder des recettes de cuisine					
10. Pour obtenir la définition d'un mot inconnu					
11. Pour me souvenir de rendez-vous (e.g., rappel d'agenda)					
12. Pour augmenter mon niveau de culture générale					
13. Pour demander ou donner des conseils à mon entourage					
14. Pour me souvenir de choses à faire (e.g., liste de courses)					
15. Pour regarder des films ou des vidéos type podcast					
16. Pour mieux gérer mes émotions (e.g., écouter de la musique pour me calmer quand je suis énervé.e ou pour me réveiller quand je suis fatigué.e)					
17. Pour suivre les débats politiques					
18. Pour suivre le déplacement d'objets (e.g., le suivi de colis)					
19. Pour discuter avec plusieurs personnes en même temps					
20. Pour me rappeler l'anniversaire de mes proches					
21. Pour suivre l'actualité de la société					
22. Pour m'aider à me concentrer lors d'une tâche (e.g., écouter de la musique)					
23. Pour regarder la météo (e.g., afin de m'habiller en conséquence)					
24. Pour réaliser des conversions monétaires (e.g., euros vers dollars)					

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Tableau 6. *Indices de centralité et de dispersion associés à chaque sous-échelle et à l'échelle globale.*

	Mode	Moyenne	Écart-type	Skewness	Kurtosis	Centiles						
						Min	10	25	50	75	90	Max
<i>Échantillon utile pour examiner les qualités métrologiques de l'échelle et des sous-échelles n = 754</i>												
Cognition socio-émotionnelle	20	20.58	4.61	-0.46	-0.03	7	14	18	21	24	26	30
Prise de décision	21	21.42	4.44	-0.08	-0.56	10	15	18	21	25	27	30
Mémoire sémantique	19	18.16	4.74	0.13	-0.42	6	12	14	18	21	24	30
Mémoire épisodique/ Fonctions exécutives	22	19.79	4.76	-0.19	-0.41	7	13	16	20	23	26	30
Échelle globale	75	79.96	13.57	-0.01	0.01	37	62	72	80	89	98	120
<i>Échantillon finale pour la création des normes (n = 1132)</i>												
Cognition socio-émotionnelle	23	21.26	4.62	-0.52	0.13	7	15	18	22	24	27	30
Prise de décision	21	21.51	4.32	-0.13	-0.39	9	16	18	22	25	27	30
Mémoire sémantique	19	18.41	4.71	0.10	-0.40	6	12	15	18	22	25	30
Mémoire épisodique/ Fonctions exécutives	22	20.55	4.78	-0.24	-0.42	7	14	17	21	24	27	30
Échelle globale	75	81.73	13.34	-0.06	0.09	37	64	74	82	91	99	120

La symétrie parfaite est égale à 0 (*skewness*). L'aplatissement d'une distribution normale est égal à 0 (*kurtosis*).

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Tableau 7. *Corrélations item-test et ω de McDonald pour la version en 24 items.*

Items	Corrélations item-test	$\omega^{\#}$
<i>Cognition socio-émotionnelle</i>		
7. Pour prendre contact avec des personnes que je ne connais pas	0.33*	0.65
13. Pour demander ou donner des conseils à mon entourage	0.37*	0.64
15. Pour regarder des films ou des vidéos type podcast	0.42*	0.62
16. Pour mieux gérer mes émotions (e.g., écouter de la musique pour me calmer quand je suis énervé.e ou pour me réveiller quand je suis fatigué.e)	0.45*	0.62
19. Pour discuter avec plusieurs personnes en même temps	0.43*	0.62
22. Pour m'aider à me concentrer lors d'une tâche (e.g., écouter de la musique)	0.39*	0.64
Total		0.67
<i>Prise de décision</i>		
1. Pour me renseigner sur mon prochain voyage	0.48*	0.71
3. Pour collecter des avis sur un événement un lieu ou un produit (e.g., concert, cinéma, hôtel, restaurant, vêtement, appareil photo...)	0.43*	0.72
8. Pour vérifier l'orthographe d'un mot	0.47*	0.71
10. Pour obtenir la définition d'un mot inconnu	0.54*	0.69
18. Pour suivre le déplacement d'objets (e.g., le suivi de colis)	0.50*	0.71
24. Pour réaliser des conversions monétaires (e.g., euros vers dollars)	0.45*	0.72
Total		0.75
<i>Mémoire sémantique</i>		
2. Pour lire la presse	0.50*	0.74
4. Pour me renseigner sur un.e candidat.e politique et son programme	0.59*	0.72
6. Pour découvrir et/ou diffuser des œuvres d'art	0.35*	0.78
12. Pour augmenter mon niveau de culture générale	0.47*	0.76
17. Pour suivre les débats politiques	0.58*	0.73
21. Pour suivre l'actualité de la société	0.58*	0.72
Total		0.77
<i>Mémoire épisodique/Fonctions exécutives</i>		
5. Pour réaliser des calculs (e.g., à l'aide d'une calculatrice)	0.35*	0.66
9. Pour regarder des recettes de cuisine	0.31*	0.67
11. Pour me souvenir de rendez-vous (e.g., rappel d'agenda)	0.54*	0.58
14. Pour me souvenir de choses à faire (e.g., liste de courses)	0.50*	0.60
20. Pour me rappeler l'anniversaire de mes proches	0.41*	0.64
23. Pour regarder la météo (e.g., afin de m'habiller en conséquence)	0.31*	0.67
Total		0.68

*, $p < .001$; #, la valeur ω pour les items correspond à la valeur ω lorsque l'item est retiré. $n = 754$.

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Tableau 8. *Liens entre les sous-échelles de la cognition numérique et des traits de personnalité et des attitudes envers le numérique.*

	Cognition socio-émotionnelle	Prise de décision	Mémoire Sémantique	Mémoire épisodique/Fonctions exécutives
<i>Trait de personnalité</i>				
Ouverture	0.06	-0.05	0.26*	-0.06
Conscienciosité	-0.18*	0.06	-0.08	0.01
Extraversion	0.05	0.13*	0.02	0.10*
Agréabilité	0.03	0.01	-0.02	0.05
Névrosisme	0.03	-0.02	-0.11	0.01
Maximation	0.17*	0.14*	0.08	0.13*
<i>Attitude envers le numérique</i>				
Addiction à Internet	0.40*	0.18*	0.19*	0.22*
Multitâche numérique	0.40*	0.24*	0.07	0.19*
Nomophobie	0.30*	0.22*	0.06	0.30*

*, $p < .001$. Les valeurs rapportées sont des coefficients de corrélation Bravais-Pearson. $n = 471$.

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Tableau 9. Effets des 6 traits de personnalité sur les quatre sous-échelles.

	β	R^2_{aj}	VIF	1/VIF
Cognition socio-émotionnelle		0.07***	1.05	
<i>Maximisation</i>	0.17***		1.07	0.93
<i>Conscienciosité</i>	-0.19***		1.06	0.94
<i>Extraversion</i>	0.12**		1.02	0.98
Prise de décision		0.04**	1.02	
<i>Maximisation</i>	0.16**		1.02	0.98
<i>Extraversion</i>	0.16**		1.02	0.98
Mémoire sémantique		0.09***	1.06	
<i>Maximisation</i>	0.11**		1.12	0.89
<i>Ouverture</i>	0.26***		1.05	0.95
<i>Conscienciosité</i>	-0.10*		1.05	0.96
<i>Névrosisme</i>	-0.10*		1.04	0.96
Mém. épis./Fonct. exé.		0.03**	1.02	
<i>Maximisation</i>	0.15**		1.02	0.98
<i>Extraversion</i>	0.11**		1.02	0.98

*** $p < .001$; ** $p < .01$; * $p < .05$. Mém. épis./Fonct. exé., Mémoire épisodique/Fonctions exécutives.

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Tableau 10. *Effet des scores au NUMERICOG sur les scores d'addiction à internet, de multitâche et de nomophobie.*

	β	R^2_{aj}	VIF	1/VIF
Addition à internet		0.16****		
<i>Cognition socio-émotionnelle</i>	0.40****			
Multitâche		0.14****	1.24	
<i>Cognition socio-émotionnelle</i>	0.24***		1.29	0.78
<i>Mémoire sémantique</i>	-0.11*		1.24	0.80
<i>Mémoire épisodique/Fonctions exécutives</i>	0.24****		1.18	0.84
Nomophobie		0.18****	1.26	
<i>Cognition socio-émotionnelle</i>	0.39****		1.29	0.78
<i>Mémoire sémantique</i>	-0.12**		1.26	0.79
<i>Prise de décision</i>	0.14***		1.24	0.81

**** $p < .001$; **** $p < .005$; ** $p < .01$; * $p < .05$.

Échelle de Cognition Numérique (NUMERICOG)

Tableau 11. Conversion des scores bruts en note standard *T* pour l'échelle globale et chaque sous-échelle.

Échelle globale	Scores bruts				Note <i>T</i>
	Cognition socio-émotionnelle	Prise de décision	Mémoire sémantique	Mémoire épisodique/ Fonctions exécutives	
120	-	-	-	-	79
119	-	-	-	-	78
118	-	-	-	-	77
116-117	-	-	-	-	76
115	-	-	30	-	75
114	-	-	-	-	74
112-113	-	-	-	-	73
111	-	-	29	-	72
110	-	-	-	-	71
108-109	-	30	28	30	70
107	30	-	-	-	69
106	-	-	27	29	68
104-105	29	29	-	-	67
103	-	-	26	28	66
102	28	28	-	-	65
100-101	-	-	25	-	64
99	-	27	-	27	63
98	27	-	24	-	62
96-97	-	-	-	26	61
95	26	26	23	-	60
94	-	-	-	25	59
92-93	25	25	22	-	58
91	-	-	-	24	57
90	24	24	-	-	56
88-89	-	-	21	23	55
87	23	-	-	-	54
86	-	23	20	22	53
84-85	22	-	-	-	52
83	-	22	19	21	51
82	-	-	-	-	50
80-81	21	21	18	20	49
79	-	-	-	-	48
78	20	20	17	19	47
76-77	-	-	-	-	46
75	19	-	16	18	45
74	-	19	-	-	44
72-73	18	-	15	17	43
71	-	18	-	-	42
70	17	-	14	-	41
68-69	-	17	-	16	40
67	16	-	13	-	39
66	-	-	-	15	38
64-65	-	16	-	-	37
63	15	-	12	14	36
62	-	15	-	-	35
60-61	14	-	11	13	34
59	-	14	-	-	33
58	13	-	10	12	32
56-57	-	-	-	-	31
55	12	13	9	11	30
54	-	-	-	-	29
52-53	11	12	8	10	28
51	-	-	-	-	27
50	10	11	7	9	26
48-49	-	-	-	-	25
47	-	-	6	8	24
46	9	10	-	-	23
44-45	-	-	-	7	22
43	8	9	-	-	21
42	-	-	-	6	20
40-41	7	8	-	-	19
39	-	-	-	-	18
38	6	-	-	-	17
36-37	-	7	-	-	16
35	-	-	-	-	15
34	-	6	-	-	14
32-33	-	-	-	-	13
31	-	-	-	-	12
30	-	-	-	-	11
28-29	-	-	-	-	10
27	-	-	-	-	9
26	-	-	-	-	8
24-25	-	-	-	-	7