

# Le QI est-il l’outil idéal pour identifier les enfants à haut potentiel intellectuel ?

Alexandre Aubry  
CRP-CPO (EA7273)  
Amiens, France  
alexandre.aubry@etud.u-picardie.fr

Béatrice Bourdin  
CRP-CPO (EA7273)  
Amiens, France  
beatrice.bourdin@u-picardie.fr

**Résumé**—La précocité intellectuelle se définit habituellement par un Quotient Intellectuel Total (QIT) supérieur ou égal à 125 à un test standardisé comme le *Wechsler Intelligence Scales for Children* (WISC-IV). Ce type d’évaluation est influencé par des facteurs environnementaux. Par conséquent, le QIT perd de sa fiabilité dans l’identification des enfants à haut potentiel intellectuel (HPI). Le WISC-IV ne semble pas robuste face à des enfants HPI présentant également un trouble spécifique des apprentissages. Une évaluation alternative aux capacités intellectuelles semble nécessaire afin de prendre en compte la spécificité des enfants HPI.

Selon des recherches récentes, la capacité en mémoire de travail semble être un indicateur plus fiable que l’évaluation classique des capacités intellectuelles. Ainsi, nous proposons une réflexion sur une évaluation alternative de la précocité intellectuelle : l’estimation de la capacité de mémoire de travail.

**Mots-Clés**—Haut Potentiel Intellectuel ; Mémoire de Travail ; Intelligence

## I. INTRODUCTION

La précocité intellectuelle est habituellement définie par un Quotient Intellectuel Total (QIT) supérieur ou égale à 125 à un test standardisé d’intelligence comme le *Wechsler Intelligence Scales for Children* (WISC-IV) [1]. De 2 % à 5 % de la population répondent à ce critère. Toutefois, le profil cognitif des enfants à haut potentiel intellectuel (HPI) est hétérogène au WISC-IV [2]. Pour certains auteurs, cette hétérogénéité remet en cause l’interprétation du QIT [3], [4], ainsi que sa fiabilité à identifier la précocité intellectuelle. Un Indice d’Aptitude Générale (IAG) peut être créé à partir des subtests les plus saturés en facteur *g* [4]. Ainsi, d’autres indicateurs de la précocité intellectuelle nécessitent d’être pris en compte pour mieux identifier les enfants HPI, mieux comprendre leur fonctionnement et leur proposer des aides pédagogiques adaptées à leurs spécificités.

L’objectif de cet article est de porter une réflexion sur l’identification du potentiel intellectuel. Nous allons aborder en premier lieu la question de la cohésion du QIT chez les enfants HPI. Nous examinerons également la question d’un indicateur alternatif que représente l’IAG dans l’identification des enfants HPI. Ensuite, nous défendrons la nécessité de prendre d’autres critères comme, par exemple, la capacité en mémoire de travail.

## II. MESURE DU POTENTIEL INTELLECTUEL

Le potentiel intellectuel est habituellement déterminé par le WISC-IV. Il se compose de 4 indices composites : l’Indice de Compréhension Verbale (ICV), l’Indice de Raisonnement Perceptif (IRP), l’Indice de Mémoire de Travail (IMT) et l’Indice de Vitesse de Traitement (IVT). Chaque indice est estimé par les performances de l’enfant à des épreuves impliquant des aptitudes cognitives spécifiques. Chaque indice composite a une moyenne de 100 et un écart-type de 15. Ces 4 indices permettent de calculer un QIT qui a pour mission d’être le reflet du facteur général de l’intelligence, appelé facteur *g* [5]. Cette structure en indices comporte des similitudes fortes avec la conception multifactorielle et hiérarchique de l’intelligence. Le modèle de Cattell-Horn-Carroll (CHC) a été récemment utilisé afin de justifier la structuration du WISC-IV en 4 indices [6]-[9]. L’avantage de ce modèle théorique de l’intelligence est de comparer les performances de l’enfant avec différentes batteries d’évaluations d’aptitudes cognitives. Les 4 indices du WISC-IV permettent d’évaluer 5 aptitudes cognitives globales du modèle CHC : l’aptitude compréhension-connaissance (Gc), l’aptitude de raisonnement fluide (Gf), l’aptitude de traitement visuel (Gv), l’aptitude de mémoire à court terme (Gsm) et l’aptitude de vitesse de traitement (Gs).

L’ICV peut être assimilé à la mesure des capacités de l’aptitude Gc [10]. L’ICV est l’indice le plus fort chez les enfants HPI [2], [11]. Cet indice est constitué de 3 épreuves : *Similitude*, *Vocabulaire* et *Compréhension*. L’épreuve *Similitude* est, en moyenne, la mieux réussie des 3 épreuves chez les enfants HPI. C’est également l’épreuve la plus corrélée au facteur *g* [11]. L’aptitude Gc semble donc être une caractéristique spécifique de cette population atypique.

L’IRP évaluerait les aptitudes Gv et Gf [10]. Cet indice est composé de 3 épreuves : l’épreuve *Cubes* évaluant l’aptitude Gv et les épreuves *Identification de Concepts* et *Matrices* pour l’aptitude Gf. L’épreuve *Matrices* est, en moyenne, mieux réussie chez les enfants HPI [9], [11]. Elle tendrait également à contribuer le plus à l’estimation du facteur *g* dans cette population atypique [11].

L’IMT correspond à une estimation de l’aptitude Gsm [10]. Cet indice est composé de 2 épreuves : *Mémoire des Chiffres* et *Séquence Lettres-Chiffres*. Ces épreuves ont pour ambition d’évaluer les capacités de la mémoire de travail. Chez les enfants HPI, cet indicateur reste légèrement au-dessus de la moyenne [2].

L'IVT est un indicateur de l'aptitude Gs. Elle est composée de deux épreuves : *Code* et *Symboles*. Généralement, l'épreuve *Code* est la plus échouée de toutes les épreuves [2], [12]. Cependant, ce résultat ne semble pas robuste selon l'échantillonnage [11].

À partir de ces 4 indices composites, nous pouvons estimer un QIT. Son objectif est de supputer les capacités intellectuelles globales de l'enfant à partir des 4 indices. Par conséquent, la définition de la précocité intellectuelle est tributaire du concept de QIT. Dans la littérature, il est souvent constaté que la dispersion des indices chez les enfants HPI est hétérogène. Au regard de cette hétérogénéité entre les indices, certains auteurs conseillent à ne pas interpréter le QIT, car il manquerait de validité dans l'estimation des capacités intellectuelles globales [3], [4].

### III. QUESTION DE L'HOMOGENÉITÉ DU PROFIL COGNITIF

L'interprétation du QIT au WISC-IV est tributaire de l'homogénéité des 4 indices et de leurs épreuves respectives. Selon Flanagan et Kaufman [13], l'interprétation du QIT est fiable et valide, si la différence entre l'indice le plus fort et l'indice le plus faible est inférieure à 1,5 écart-type, soit environ 23 points. Théoriquement, cette différence-seuil s'appuie sur l'idée qu'un z score de 1,5 écart-type correspond à 6,7 % d'individus ayant une différence entre l'indice maximal et l'indice minimal supérieur ou égal à 23 points. En réalité, il y aurait environ 40 % de la population qui présente ce type de différence [14], [15]. Par conséquent, une différence-seuil de 45 points proposée par Lecerf et ses collaborateurs [15] semble plus proche de la réalité.

Si le QIT n'est toujours pas interprétable, certains auteurs conseillent d'utiliser l'Indice d'Aptitude Global (IAG) [13], [16]. L'IAG est estimé à partir des épreuves de l'ICV et l'IRP. Comme nous l'avons vu précédemment, les épreuves de l'ICV et l'IRP sont fortement saturés en facteur g. Par conséquent, l'IAG semble être un moyen alternatif de résumer les capacités intellectuelles globales des enfants HPI. L'interprétation de l'IAG est également liée à l'homogénéité entre l'ICV et l'IRP. Lecerf et ses collaborateurs [15] définissent une différence-seuil de 27 points représentant moins de 10 % de la population.

Par ailleurs, Rozencwajg et ses collaborateurs [11] ont montré que l'hétérogénéité n'était pas spécifique aux enfants HPI. Les enfants non HPI présentaient également une hétérogénéité égale aux enfants HPI appariés en âge et au milieu socioéconomique. Elle montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les enfants HPI et les enfants non HPI par rapport au nombre d'indices déviants. Cela indique que les enfants non HPI ont autant un profil hétérogène que les enfants HPI.

Le QIT et l'IAG sont des indicateurs intéressants pour estimer les capacités intellectuelles globales d'un enfant. Cependant, ils peuvent être biaisés par des facteurs socioéconomiques et par le genre. Le QIT moyen d'un enfant issu d'un milieu favorisé est égal à 110, alors que celui d'un enfant issu d'un milieu « ouvrier » est égal à 96 [10].

Il serait donc plus facile pour un enfant issu d'un milieu favorisé d'atteindre le score-seuil de 130 que pour un enfant issu d'un milieu moins favorisé. Cela serait une explication de la sous-représentation des milieux plus modestes dans les échantillons d'enfants HPI.

En revanche, le QIT n'est pas influencé par le genre. Néanmoins, l'ICV et l'IRP semblent être, en moyenne, mieux réussis chez les garçons que chez les filles [17]. Ainsi, le genre de l'enfant aurait un impact direct sur l'estimation de l'IAG et, par conséquent, sur l'identification de la précocité intellectuelle chez les filles. Par ailleurs, l'estimation de l'IAG ne prend pas en compte l'IMT. Or, cet indice composite est fortement corrélé aux performances scolaires de l'enfant et aux capacités d'apprentissage [18]. En effet, l'IAG est un moins bon prédicteur des performances scolaires que le QIT chez les enfants HPI [19].

### IV. ÉVALUATION ALTERNATIVE DE LA PRÉCOCITÉ INTELLECTUELLE : LA CAPACITÉ DE LA MÉMOIRE DE TRAVAIL

L'identification de la précocité intellectuelle est habituellement décrite par une valeur-seuil à des tests standardisés. L'évaluation des capacités intellectuelles est sensible au milieu socioéconomique et au genre. De plus, entre 50 à 85 % des variations interindividuelles au niveau des performances scolaires ne sont pas expliquées par l'efficacité intellectuelle [20]. Cette méthode d'identification est loin d'être suffisante pour comprendre et identifier la spécificité de cette population [21]. L'identification de la précocité intellectuelle doit prendre en compte des aspects émotionnels [22], thymiques [23] et identitaires [24]. Au niveau cognitif, certains auteurs ont montré que les capacités de mémoire de travail sont un meilleur prédicteur des performances scolaires que le QI [25]. Cette fonction cognitive est fortement impliquée dans les troubles des apprentissages [18], [26]. L'évaluation de la mémoire de travail serait donc un bon indicateur de la précocité intellectuelle [27], et plus particulièrement, dans la situation où l'enfant HPI présenterait des troubles spécifiques des apprentissages comme la dyslexie [28]. Au WISC-IV, nous avons une estimation de la mémoire de travail grâce aux épreuves *Mémoire des Chiffres* et *Séquence Lettre-Chiffre*. L'IMT des enfants HPI est habituellement supérieur à la moyenne, mais il ne permet pas de les distinguer significativement des enfants non HPI [11]. Cette capacité cognitive est également impliquée dans les troubles spécifiques des apprentissages [18], [26]. Chez les enfants HPI, il peut apparaître un trouble spécifique des apprentissages comme la dyslexie. Ces enfants sont considérés comme "doublement exceptionnel" ("Twice Exceptional"). Or, leur capacité de mémoire de travail semble similaire à celle des enfants non HPI de même âge [29]. À l'inverse, l'IMT est en dessous de la norme et il est significativement plus faible que les 3 autres indices chez les enfants dyslexiques [30]. Par conséquent, l'IMT ne semble pas assez discriminant entre les enfants HPI et les enfants "doublement exceptionnel".

À notre connaissance, il y a peu d'études s'intéressant aux capacités de mémoire de travail et aux processus impliqués chez les enfants HPI et, plus particulièrement, chez les enfants "doublement exceptionnel" [28]. Pourtant, certaines études montrent que la capacité de la mémoire de travail des enfants HPI semble être significativement supérieure à celles des enfants non HPI [27]. Elle permettrait également de repérer les troubles spécifiques des apprentissages chez les enfants "doublement exceptionnel" [28].

Cette puissance de discrimination est relative au type d'épreuves utilisé pour évaluer la mémoire de travail [31]. En effet, les tâches d'empan simple, comme les épreuves *Mémoire des Chiffres* et *Séquence Lettres-Chiffres*, sont moins discriminantes que les tâches d'empan complexe, comme l'empan de lecture ou l'empan de comptage [32]. Les tâches d'empan complexe nécessitent une plus forte modulation de l'attention que les tâches d'empan simple. Elles se basent sur le paradigme de la double tâche. L'enfant doit réaliser une tâche (jugement sémantique, comptage, trouver l'intrus...) et, en même temps, stocker une information considérée comme pertinente (un mot, un chiffre, une figure...). Ces tâches nécessitent donc un maintien de l'information à court terme, de l'attention et de la flexibilité mentale. Elles paraissent comme étant de meilleures mesures des capacités en mémoire de travail [33]. Cependant, elles sont utilisées davantage chez l'adulte que chez l'enfant. Par ailleurs, il y a, en français, peu d'études comparant différentes tâches d'empan complexe chez les enfants, et plus particulièrement, chez les enfants HPI [34].

Notre objectif est donc de constituer une batterie d'épreuves basées sur les tâches d'empan complexe afin d'évaluer les capacités de mémoire de travail chez les enfants HPI et "doublement exceptionnel". L'originalité de notre protocole est d'évaluer la capacité de mémoire de travail dans 3 modalités différentes auprès d'un même échantillon d'enfants atypiques. Afin de connaître la spécificité de la précocité intellectuelle, nous comparerons les performances des enfants HPI avec celles des enfants non HPI à trois épreuves. La première épreuve est l'empan de lecture [35] adaptée de l'épreuve utilisé par de Ribaupierre et Lecerf, auprès d'enfants âgés de 8 à 12 ans [36]. L'enfant doit lire ou écouter une phrase selon son âge. Ensuite, il doit juger si la phrase est sémantiquement correcte. Enfin, il doit mémoriser le dernier mot de chaque phrase jugée. À la fin d'une série de plusieurs phrases, l'enfant doit rappeler tous les derniers mots retenus depuis le début de la série. La seconde épreuve correspond à l'empan de comptage adaptée de Cowan et Towse [37]. L'enfant doit compter le nombre de cercles bleu foncé parmi plusieurs distracteurs (cercles et carrés rouges). Ensuite, il doit retenir le nombre total de cercles bleu foncé. À la fin de chaque série, l'enfant doit restituer les nombres de cercles bleu foncé retenus dans l'ordre d'apparition. Cette épreuve a été éprouvée auprès d'enfants âgés de 8 à 11 ans [37]. La troisième épreuve est une tâche de mémoire de travail non verbale [38]. L'enfant doit reconnaître l'intrus parmi 3 figures géométriques complexes. Il doit retenir l'emplacement de cet intrus à chaque image. L'enfant rappelle ensuite tous les emplacements des différents intrus repérés de la série sur un tableau vide. Cette épreuve a déjà été utilisée chez les enfants HPI [27] et "doublement exceptionnel" [28].

Ces trois épreuves d'empan complexe nous permettront ainsi d'avoir une bonne estimation des capacités de mémoire de travail. La comparaison avec des enfants non HPI nous permettra également de mieux connaître la spécificité de la précocité intellectuelle.

## V. CONCLUSION

L'identification des enfants HPI réalisée par un score-seuil à un test standardisé des capacités intellectuelles comme le WISC-VI ne nous semble pas suffisante. Dans cette conception, la définition de la précocité intellectuelle est tributaire du QIT considéré comme une estimation des capacités intellectuelles de l'enfant. Dans la littérature, certains auteurs font état d'une grande hétérogénéité entre les différences des indices du WISC-IV empêchant l'interprétation du QIT. Cependant, il semblerait qu'il y ait une confusion entre la significativité et l'anormalité de la différence. Au regard des caractéristiques des enfants HPI au WISC-IV, certains auteurs préconisent plutôt de s'appuyer sur un nouvel indicateur : l'IAG. Ce nouvel indice permettrait d'avoir une meilleure estimation du potentiel intellectuel chez les enfants HPI. Cependant, il semblerait avoir un risque que l'IAG soit influencé par le genre de l'enfant. De plus, il est moins fiable dans la prédiction des performances scolaires par rapport au QIT. Le QIT et l'IAG ont la réputation d'estimer le facteur  $g$  de l'intelligence. Cependant, il nous semble important de prendre en compte leurs limites. Ces deux indicateurs sont influencés par le milieu socioéconomique de l'enfant. De plus, ils ne sont pas assez discriminants afin de détecter, de manière fiable, un trouble spécifique des apprentissages chez les enfants HPI. Par conséquent, l'élaboration d'un nouvel outil d'évaluation de la précocité intellectuelle semble nécessaire au regard des critiques de l'évaluation classique des capacités intellectuelles. Cet outil doit prendre en compte les nouvelles découvertes de la spécificité de cette population atypique. Cette manière d'identifier les enfants HPI aurait des conséquences au niveau de la pédagogie employée face à cette population atypique. Elle permettrait également d'être plus sensible aux points forts et aux faiblesses de ces enfants.

## RÉFÉRENCES

- [1] D. Wechsler, *WISC-IV*. Paris: Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 2005, pp. 273–273.
- [2] M. Liratni and R. Pry, "Profils psychométriques de 60 enfants à haut potentiel au WISC IV," *Pratiques Psychologiques*, vol. 18, no. 1, pp. 63–74, Mar. 2012.
- [3] C. A. Fiorello, J. B. Hale, J. A. Holdnack, J. A. Kavanagh, J. Terrell, and L. Long, "Interpreting intelligence test results for children with disabilities: is global intelligence relevant?," *Applied Neuropsychology*, vol. 14, no. 1, pp. 2–12, 2007.
- [4] D. H. Saklofske, A. Prifitera, L. G. Weiss, E. Rolfhus, and J. Zhu, "Clinical Interpretation of the WISC-IV FSIQ and GAI," in *WISC-IV Clinical Use and Interpretation*, A. Prifitera, L. G. Weiss, and D. H. Saklofske, Eds. Elsevier, 2005, pp. 33–69.
- [5] C. Spearman, "General Intelligence, Objectively Determined and Measured," *The American Journal of Psychology*, vol. 15, no. 2, pp. 201–93, Apr. 1904.

- [6] T. Z. Keith, J. G. Fine, G. E. Taub, M. R. Reynolds, and J. H. Kranzler, "Higher Order, Multisample, Confirmatory Factor Analysis of the Wechsler Intelligence Scale for Children - Fourth Edition: What Does It Measure?," *School Psychology Review*, vol. 35, no. 1, pp. 108–127, 2006.
- [7] P. Golay, I. Reverte, J. Rossier, N. Favez, and T. Lecerf, "Further insights on the French WISC-IV factor structure through Bayesian structural equation modeling.," *Psychological Assessment*, vol. 25, no. 2, pp. 496–508, 2013.
- [8] I. Reverte, P. Golay, N. Favez, J. Rossier, and T. Lecerf, "Structural validity of the Wechsler Intelligence Scale for Children (WISC-IV) in a French-speaking Swiss sample," *Learning and Individual Differences*, vol. 29, no. C, pp. 114–119, Jan. 2014.
- [9] E. W. Rowe, J. Dandridge, A. Pawlush, D. F. Thompson, and D. E. Ferrier, "Exploratory and Confirmatory Factor Analyses of the WISC-IV With Gifted Students.," *School Psychology Quarterly*, 2014.
- [10] J. Grégoire, *L'évaluation clinique de l'intelligence de l'enfant*. Wavre: Mardaga, 2009, pp. 318–318.
- [11] P. Rozencwajg, V. Aliamer, and E. Ombredane, "Le fonctionnement cognitif d'enfants atypiques à travers leur QI," *Pratiques Psychologiques*, vol. 15, no. 3, pp. 343–365, Sep. 2009.
- [12] M. Liratni and R. Pry, "Psychométrie et WISC IV: quel avenir pour l'identification des enfants à haut potentiel intellectuel?," *Neuropsychiatrie de l'Enfance et de l'Adolescence*, vol. 55, no. 4, pp. 214–219, Aug. 2007.
- [13] D. P. Flanagan and A. S. Kaufman, *Essentials of WISC-IV Assessment*. John Wiley & Sons, 2009.
- [14] A. Orsini, L. Pezzuti, and S. Hulbert, "The unitary ability of IQ in the WISC-IV and its computation," *Person. Individ. Diff.*, vol. 69, pp. 173–175, Oct. 2014.
- [15] T. Lecerf, S. Kieng, and S. Geistlich, "Cohésion–non-cohésion des scores composites : valeurs seuils et interprétabilité. L'exemple du WISC-IV," *Pratiques Psychologiques*, pp. 1–17, Apr. 2015.
- [16] A. Prifitera, L. G. Weiss, and D. H. Saklofske, *WISC-IV Clinical Use and Interpretation*. Elsevier, 2005.
- [17] L. Goldbeck, M. Daseking, S. Hellwig-Brida, H. C. Waldmann, and F. Petermann, "Sex Differences on the German Wechsler Intelligence Test for Children (WISC-IV)," *Journal of Individual Differences*, vol. 31, no. 1, pp. 22–28, Jan. 2010.
- [18] L. H. Swanson and L. Siegel, "Learning Disabilities as a Working Memory Deficit," *Issues in Education*, vol. 7, no. 1, pp. 1–48, 2001.
- [19] E. W. Rowe, J. M. Kingsley, and D. F. Thompson, "Predictive ability of the General Ability Index (GAI) versus the Full Scale IQ among gifted referrals.," *School Psychology Quarterly*, vol. 25, no. 2, pp. 119–128, 2010.
- [20] T. E. Rohde and L. A. Thompson, "Predicting academic achievement with cognitive ability," *Intelligence*, vol. 35, no. 1, pp. 83–92, Jan. 2007.
- [21] S. I. Pfeiffer, *Essentials of Gifted Assessment*. John Wiley & Sons, 2015.
- [22] S. Brasseur, S. Brasseur, and J. Grégoire, "L'intelligence émotionnelle – trait chez les adolescents à haut potentiel : spécificités et liens avec la réussite scolaire et les compétences sociales," *Enfance*, vol. 2010, no. 1, p. 59, Mar. 2010.
- [23] F. Guénoilé, M. Speranza, J. Louis, P. Fournieret, O. Revol, and J.-M. Baleyte, "Wechsler profiles in referred children with intellectual giftedness: Associations with trait-anxiety, emotional dysregulation, and heterogeneity of Piaget-like reasoning processes," *European Journal of Paediatric Neurology*, pp. 1–32, Mar. 2015.
- [24] A. Courtinat-Camps, A. Villatte, L. Massé, and M. de Léonardis, "« Qui suis-je ? » : diversité des représentations de soi chez des adolescent(e)s à haut potentiel intellectuel," *Bulletin de psychologie*, vol. 514, no. 4, pp. 315–328, 2011.
- [25] T. P. Alloway and R. G. Alloway, "Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment.," *J Exp Child Psychol*, vol. 106, no. 1, pp. 20–29, May 2010.
- [26] T. P. Alloway, "Working Memory, but Not IQ, Predicts Subsequent Learning in Children with Learning Difficulties," *European Journal of Psychological Assessment*, vol. 25, no. 2, pp. 92–98, Apr. 2009.
- [27] T. P. Alloway and M. Elsworth, "An investigation of cognitive skills and behavior in high ability students," *Learning and Individual Differences*, vol. 22, no. 6, pp. 891–895, Dec. 2012.
- [28] S. van Viersen, E. H. Kroesbergen, E. M. Slot, and E. H. de Bree, "High Reading Skills Mask Dyslexia in Gifted Children," *J Learn Disabil*, Jun. 2014.
- [29] S. G. Assouline, M. Foley Nicpon, and C. Whiteman, "Cognitive and Psychosocial Characteristics of Gifted Students With Written Language Disability," *Gifted Child Quarterly*, vol. 54, no. 2, pp. 102–115, Mar. 2010.
- [30] M. De Clercq-Quaegebeur, S. Casalis, M.-P. Lemaitre, B. Bourgois, M. Getto, and L. Vallée, "Neuropsychological profile on the WISC-IV of French children with dyslexia.," *J Learn Disabil*, vol. 43, no. 6, pp. 563–574, Nov. 2010.
- [31] C. Cornoldi, A. Orsini, L. Cianci, D. Giofrè, and L. Pezzuti, "Intelligence and working memory control: Evidence from the WISC-IV administration to Italian children," *Person. Individ. Diff.*, vol. 26, no. C, pp. 9–14, Aug. 2013.
- [32] A. R. A. Conway, M. J. Kane, M. F. Bunting, D. Z. Hambrick, O. Wilhelm, and R. W. Engle, "Working Memory Span Tasks: A Methodological Review and User's Guide," *Psychonomic Bulletin & Review*, vol. 12, no. 5, pp. 769–786, Oct. 2005.
- [33] O. Wilhelm, A. Hildebrandt, and K. Oberauer, "What is working memory capacity, and how can we measure it?," *Front Psychol*, vol. 4, p. 433, 2013.
- [34] C. Gonthier, N. Thomassin, and J.-L. Roulin, "The composite complex span: French validation of a short working memory task.," *Behav Res Methods*, Feb. 2015.
- [35] C. Delaloye, C. Ludwig, E. Borella, C. Chicherio, and A. de Ribapierre, "L'Empan de lecture comme épreuve mesurant la capacité de mémoire de travail: normes basées sur une population francophone de 775 adultes jeunes et âgés," *Revue Européenne de Psychologie Appliquée/European Review of Applied Psychology*, vol. 58, no. 2, pp. 89–103, Jun. 2008.
- [36] A. de Ribapierre and T. Lecerf, "Relationships between working memory and intelligence from a developmental perspective: Convergent evidence from a neo-Piagetian and a psychometric approach," *European Journal of Cognitive Psychology*, vol. 18, no. 1, pp. 109–137, Jan. 2006.
- [37] N. Cowan and J. N. Towse, "Children's working-memory processes: A response-timing analysis.," *Journal of Experimental Psychology: General*, vol. 132, no. 1, pp. 113–132, 2003.
- [38] T. P. Alloway, *Automated Working Memory Assessment (AWMA)*. London, United Kingdom: Pearson, 2007.