

Evaluation des apprentissages spatiaux : ruptures, enjeux et défis relatifs à l'évaluation des habiletés spatiales

Organisateurs : Beuset & Duroisin

Les habiletés spatiales sont les processus cognitifs exprimant la manière dont on apprend un environnement et les relations qu'entretiennent les objets de cet environnement (Darken & Sibert, 1996). Elles sont impliquées dans la résolution de problèmes variés pratiques ou théoriques (Hegarty & Waller, 2005 ; Kozhevnikov et al., 2007). Ces habiletés, qui constituent un facteur important de l'intelligence humaine (Wang et al., 2007) sont pluridimensionnelles. Bishop (1983) distingue par exemple les habiletés visuo-perceptives et les habiletés visuo-spatiales. Par ailleurs, au sein même des habiletés visuo-spatiales, Linn et Peterson (1985) relèvent, en prenant appui sur une méta-analyse, une typologie composée de trois habiletés : la visualisation spatiale, la rotation mentale et la perception spatiale.

Être en mesure d'évaluer ces habiletés spatiales apparaît un défi essentiel. Dans une perspective cognitiviste, voire développementale, évaluer les habiletés spatiales d'une cohorte d'enfants, d'adolescents et même d'adultes peut permettre de mieux comprendre les composantes du raisonnement spatial en complétant les informations dont on dispose déjà (théorie piagétienne,...). Cela peut ainsi contribuer à l'élaboration d'un modèle de développement complet, comprenant des trajectoires de développement et des mécanismes psychologiques contribuant aux différences individuelles (Vander Heyden et al., 2016).

Par ailleurs, l'évaluation des habiletés spatiales permet de bien comprendre certaines difficultés rencontrées dans les apprentissages scolaires ou dans la réalisation de tâches professionnelles ou du quotidien. En effet, les habiletés spatiales sont intimement liées à certaines disciplines scolaires comme par exemple aux mathématiques (Mix et al., 2016 ; Verdine et al., 2017). Elles possèdent de nombreuses implications dans d'autres domaines académique et professionnel et sont indicatrices de succès pour l'apprentissage de multiples domaines, notamment dans des domaines issus des STEM (David & Clinciu, 2009 ; Hegarty, 2018). Plus encore, les habiletés spatiales semblent importantes pour mener à bien des tâches du quotidien, par exemple lorsqu'on se déplace dans une ville (Marchand, 2006 ; Rodán et al., 2019).

Inversement, outre la compréhension de certaines difficultés, évaluer les habiletés spatiales peut également permettre l'identification d'individus possédant des talents en STEM (Vander Heyden et al., 2016).

Pour évaluer les habiletés spatiales, de nombreux outils coexistent, selon le public-cible et l'habileté investiguée. De nombreuses épreuves psychométriques sous format papier-crayon ont été créées. C'est le cas par exemple du MRT de Vandenberg et Kuse (1978) permettant d'évaluer la rotation mentale. Toutefois, des alternatives, permettant de contrer certaines limites aux épreuves papier-crayon, semblent également exister. C'est le cas de certaines épreuves intégrant notamment les technologies, comme par exemple la VSAD (Lacroix et al., 2013) ou du matériel tangibles (ex. Rahe & Quaiser-Pohl, 2022). Ce symposium long a pour objectif d'investiguer l'évaluation des apprentissages spatiaux tout au long de la vie, et ce dans une perspective cognitiviste. Il propose de mener une réflexion sur les manières d'évaluer les différentes habiletés spatiales et présente notamment des recherches expérimentales intégrant des outils d'évaluation de différents types (épreuves papier-crayon, épreuves en format numérique, ...).

La première communication s'intéresse à l'impact des supports d'évaluation de l'habileté de visualisation spatiale chez les adolescents et compare les résultats de groupes d'élèves confrontés à

différents types de supports (solides virtuels, matériel tangible). La deuxième communication propose de porter un regard critique sur les outils d'évaluations des habiletés spatiales de type « papier-crayon ». La troisième communication se focalise sur l'évaluation de l'habileté de navigation spatiale chez les enfants âgés de 7 à 12 ans via des environnements virtuels. Enfin, la quatrième communication porte sur l'évaluation de la coordination des perspectives spatiales chez les enfants âgés de 5 à 9 ans. Une cinquième communication a malheureusement dû être annulée.

Bibliographie :

- Bishop, A.J. (1983). Spatial abilities and mathematical thinking, Dans M. Zweng, et al. (eds.) *Proceedings of the IV I.C.M.E.* (pp. 176-178), Birkhäuser: Boston, USA.
- Darken, R. & Sibert, J. (1996). Navigating Large Virtual Spaces. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 8(1), 49-72.
- David, L.T. & Clinciu, A.I. (2009). Psychological measures of spatial abilities. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov*, 2(51), 93-98.
- Hegarty, M. (2018). Ability and sex differences in spatial thinking: What does the mental rotation test really measure? *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(3), 1212-1219.
- Hegarty, M., & Waller, D. (2005). Individual differences in spatial abilities. Dans P. Shah & A. Miyake (Eds.), *The Cambridge handbook of visuospatial thinking* (pp. 121-169). New York: Cambridge University Press.
- Kozhevnikov, M., Motes, M., & Hegarty, M. (2007). Spatial visualization in physics problem solving. *Cognitive Science*, 31, 549-579.
- Lacroix, E., Deggouj, N., & Edwards, M. (2013). VSAD : A new battery for the evaluation of Visuo-Spatial Abilities in Deafness. *Neuropsychology Workshop*, KU Leuven, Leuven (Belgium),
- Linn, M.C. & Peterson, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a metaanalysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Marchand, P. (2006). Comment développer des images mentales liées à l'apprentissage de l'espace en trois dimensions ? *Annales de didactique des mathématiques et des sciences cognitives*, 11, 103-121.
- Mix, K. S., Levine, S. C., Cheng, Y. L., Young, C., & Hambrick, D. Z. (2016). Separate but correlated: The latent structure of space and mathematics across development. *Journal of Experimental Psychology: General*, 145(9), 1206–1227.
- Rahe, M., & Quaiser-Pohl, C. (2022). Protective effects of education on the cognitive decline in a mental rotation task using real models: a pilot study with middle and older aged adults. *Psychological Research*. <https://doi.org/10.1007/s00426-022-01719-2>
- Rodán, A., Gimeno, P., Elosúa, R., Montoro, P. & Contreras, M.J. (2019). Boys and girls gain in spatial, but not in mathematical ability after mental rotation training in primary education. *Learning and Individual Differences*, 70, 1-11.
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013a). The malleability of spatial skills : A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352-402. doi:10.1037/a0028446
- Vandenberg, S., & Kuse, A. (1978). Mental rotation, a group test of 3-D spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599–604.
- Vander Heyden, K.M., Huizinga, M., Kan, K.-J. & Jolles, J. (2016). A developmental perspective on spatial reasoning: Dissociating object transformation from viewer transformation ability. *Cognitive Development*, 38, 63-74. doi.org/10.1016/j.cogdev.2016.01.004
- Verdine, B.N., Golinkoff, R.M., Hirsh-Pasek, K., & Newcombe, N.S. (2017). Links between spatial and mathematical skills across the preschool years. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 82(1), 7-30. DOI 10.1111/mono.12280
- Wang, H.-C., Chang, C.-Y., & Li, T.-Y. (2007). The comparative efficacy of 2D- versus 3D-based media design for influencing spatial visualization skills. *Computers in Human Behavior*, 23, 1943–1957

Communication 1 : Evaluer l'habileté de visualisation spatiale chez les élèves âgés de 12 à 15 ans : des résultats différents selon le matériel utilisé ?

Auteurs : Romain Beauset & Natacha Duroisin

Mots-clés : visualisation spatiale, évaluation, environnement virtuel

Résumé court : La communication s'intéresse à l'habileté de visualisation spatiale chez les élèves âgés de 12 à 15 ans, c'est-à-dire sur la capacité à se représenter les informations spatiales non verbales, à analyser les relations entre les objets d'une configuration et à effectuer des opérations mentales sur ces objets (Marchand, 2006). Plus spécifiquement, elle investigate la question des supports d'évaluation et présente une expérimentation dont l'objectif est d'évaluer l'impact du support et des actions autorisées sur ce support (manipulation VS observation) sur les performances spatiales des individus. Pour ce faire, cinq groupes de 40 élèves âgés de 12 à 15 ans confrontés à des tâches d'identification de coupes et d'empreintes sont comparés. Les deux premiers groupes sont confrontés à du matériel tangible (solides en bois) que les élèves du groupe 1 sont autorisés à manipuler contrairement à ceux du groupe 2. Les groupes 3 et 4 sont confrontés à des solides virtuels (c'est-à-dire à des solides présentés au sein d'environnements 2 ½ D, au sens de Bertolo, 2013). Le groupe 3 est autorisé à manipuler (effectuer des rotations) ces solides virtuels au travers d'une interface tactile alors que le quatrième groupe doit se contenter d'observer des rotations imposées au sein d'une vidéo. Enfin, le groupe 5 est confronté uniquement à des représentations 2D des solides. Ainsi, l'expérimentation permet d'identifier si les élèves arrivent à agir mentalement sur des représentations 2D ou 2 ½ D de solides, comme ils le feraient sur des solides présentés à l'aide de matériel tangible. De tels résultats viennent enrichir la réflexion sur le matériel utilisé lors de l'évaluation des compétences spatiales des enfants/adolescents. La communication présente de manière détaillée la méthodologie mise en œuvre ainsi que les principaux résultats obtenus.

Bibliographie du résumé :

Bertolo, D. (2013). Les Interactions sur Tablettes Multi-touch améliorent-elles l'Apprentissage de la Géométrie dans l'Espace ? 25ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, IHM'13, Bordeaux, France.

Marchand, P. (2006). Comment développer des images mentales liées à l'apprentissage de l'espace en trois dimensions ? *Annales de didactique des mathématiques et des sciences cognitives*, 11, 103-121.

Communication 2 : Les défis liés à l'évaluation des compétences visuo-spatiales par les outils d'évaluation numériques

Auteurs : Nelly Perichon & Natacha Duroisin

Mots-clés : compétences visuo-spatiales, évaluation, numérique, psychométrie, neuropsychologie

Résumé court : Les habiletés visuo-spatiales jouent un rôle essentiel dans les tâches de la vie quotidienne et sont impliquées dans de multiples apprentissages (Khine, 2017), en particulier dans le domaine des STIM ou « Sciences, Technologies, Ingénierie et Mathématiques » (Wai et al., 2009). L'évaluation et l'entraînement des habiletés visuo-spatiales représentent un enjeu capital dans les domaines de l'éducation et de la santé et font l'objet de nombreuses recherches (Gonthier, 2022 ; Lourenco et al., 2018). Les outils d'évaluation informatisés peuvent permettre une cotation précise et automatisée et offrent la possibilité de générer différentes versions des tests (Berch et al., 1998, cité par Castro-Alonso, Ayres et Paas, 2017). L'utilisation de ces outils peut permettre de faciliter la standardisation de tests neuropsychologiques mesurant certains aspects de la cognition spatiale tels que la mémoire de travail visuo-spatiale (Claessen et al., 2015). En fonction des habiletés investiguées (la mémoire de travail visuo-spatiale, l'orientation spatiale et l'attention visuelle), une certaine variabilité est à prendre en considération concernant les propriétés psychométriques des batteries de tests informatisés (Wild et al., 2008) par rapport aux évaluations neuropsychologiques plus classiques de type « papier crayon » (Lacroix et al., 2021). L'évaluation de la mémoire de travail visuo-spatiale à l'aide de l'outil informatique (Claessen et al., 2015) représente un challenge en raison des limites structurelles et des facteurs dispositionnels spécifiques à certaines populations. La réalité virtuelle, la réalité augmentée, les programmes informatisés sur tablette, smartphone et ordinateur peuvent offrir des opportunités de prise en charge et d'évaluation écologiques (Kim et al., 2012) et sont jugées comme plus acceptables par certains sujets (Collerton et al., 2007). Cette communication propose d'investiguer le potentiel et les défis soulevés par l'utilisation des nouvelles technologies dans le développement et l'adaptation de tests neuropsychologiques informatisés évaluant les compétences spatiales.

Bibliographie du résumé :

- Berch, D. B., Krikorian, R., & Huha, E. M. (1998). The Corsi block-tapping task : Methodological and theoretical considerations. *Brain and Cognition*, 38(3), 317-338. <https://doi.org/10.1006/brcg.1998.1039>
- Bush, S. S. (2004). Chapter 4 - *Ethical challenges in forensic neuropsychology, part IV*. Dans S. S. Bush, A *Casebook of Ethical Challenges in Neuropsychology* (p.50). Taylor & Francis Ltd.
- Castro-Alonso, J. C., Ayres, P., & Paas, F. (2017). Computerized and Adaptable Tests to Measure Visuospatial Abilities in STEM Students. *Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences*, 337-349. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60018-5_33
- Claessen, M. H. G., van der Ham, I. J. M., & van Zandvoort, M. J. E. (2015). Computerization of the standard corsi block-tapping task affects its underlying cognitive concepts : A pilot study. *Applied Neuropsychology. Adult*, 22(3), 180-188. <https://doi.org/10.1080/23279095.2014.892488>
- Collerton, J., Collerton, D., Arai, Y., Barrass, K., Eccles, M., Jagger, C., McKeith, I., Saxby, B. K., & Kirkwood, T. (2007). A Comparison of Computerized and Pencil-and-Paper Tasks in Assessing Cognitive Function in Community-Dwelling Older People in the Newcastle 85+ Pilot Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 55(10), 1630-1635. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2007.01379.x>
- Gonthier, C. (2022). Cross-cultural differences in visuo-spatial processing and the culture-fairness of visuo-spatial intelligence tests: an integrative review and a model for matrices tasks. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 7(1), 11. <https://doi.org/10.1186/s41235-021-00350-w>

- Khine, M. S. (2017). Spatial Cognition : Key to STEM Success. Dans M. S. Khine (dir.), *Visual-spatial Ability in STEM Education : Transforming Research into Practice* (p. 3-8). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-44385-0_1
- Kim, H., Hsiao, C.-P., & Do, E. Y.-L. (2012). Home-based computerized cognitive assessment tool for dementia screening. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, 4(5), 429-442.
<https://doi.org/10.3233/AIS-2012-0165>
- Lacroix, E., Cornet, S., Deggouj, N., & Edwards, M. G. (2021). The Visuo-Spatial Abilities Diagnosis (VSAD) test : Evaluating the potential cognitive difficulties of children with vestibular impairment through a new tablet-based computerized test battery. *Behavior Research Methods*. <https://doi.org/10.3758/s13428-020-01432-1>
- Lourenco, S. F., Cheung, C.-N., & Aulet, L. S. (2018). Chapter 10 - Is Visuospatial Reasoning Related to Early Mathematical Development? A Critical Review. Dans A. Henik & W. Fias (dir.), *Heterogeneity of Function in Numerical Cognition* (p. 177-210). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811529-9.00010-8>
- Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains : Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>
- Wild, K., Howieson, D., Webbe, F., Seelye, A., & Kaye, J. (2008). Status of computerized cognitive testing in aging : A systematic review. *Alzheimer's & Dementia*, 4(6), 428-437.
<https://doi.org/10.1016/j.jalz.2008.07.003>

Communication 3 : Evaluation des représentations spatiales d'un environnement virtuel chez les élèves du 2^{ème} grade au 4^{ème} grade (7-10ans).

Auteurs : Sophie Bénard Linh Quang, Sandra Berney, Roland Maurer & Mireille Bétrancourt

Mots-clés : représentations spatiales, environnement virtuel, différences de genre

Résumé court : L'élaboration de représentations mentales de l'espace qui nous entoure est essentielle pour les activités quotidiennes, notamment lors de la navigation. Les processus cognitifs qui sous-tendent ces représentations se développent et s'affinent pendant l'enfance, mais leur évolution reste peu claire. Les nouvelles technologies telles que les environnements virtuels sont autant d'outils qui permettent l'évaluation de ces représentations. D'autre part, la littérature révèle des effets du genre sur la cognition spatiale et présente souvent un avantage masculin dans la performance aux tests spatiaux chez les adultes, mais également chez les enfants. La présente étude a examiné les représentations spatiales chez des élèves de l'école primaire de 2^{ème} et 4^{ème} grade (âgés de 7 à 10 ans). Les représentations spatiales ont été mesurées à l'aide de tâches d'évaluation spatiale impliquant la reconnaissance de points de repère, leur localisation, l'itinéraire emprunté et l'estimation de la distance, après avoir navigué dans une ville virtuelle. Les analyses préliminaires des résultats obtenus auprès d'élèves de 2^{ème} et de 3^{ème} grade indiquent une interaction entre le genre des élèves et leur niveau scolaire sur la connaissance des points de repère et l'estimation de la distance relative. Les filles se sont améliorées dans les tâches de reconnaissance et de localisation des points de repère, tandis que les garçons se sont améliorés dans les tâches d'estimation de la distance relative. Les implications théoriques et pratiques seront discutées.

Communication 4 : Evaluation de la coordination des perspectives spatiales chez les enfants âgés de 5 à 9 ans

Auteurs : Natacha Duroisin, Hursula Mengue-Topio & Mélanie Seha

Mots-clés : perspectives spatiales,

Résumé court : Cette communication concerne l'effet de l'orientation oblique sur la prise de perspectives spatiales (PPS) chez des enfants âgés de 5 à 9 ans. La PPS est la capacité à représenter l'aspect d'un objet ou d'un ensemble d'objets depuis un autre point de vue que le sien (Vander Heyden et al., 2017). Cette capacité est étudiée en psychologie du développement depuis la célèbre tâche des trois montagnes proposée par Piaget et Inhelder (1956). La plupart des études ont évalué la PPS en demandant aux enfants de regarder un modèle de disposition d'objets (un à quatre objets) et de juger comment un observateur (une poupée ou un photographe jouet) verrait cette disposition sous différents angles (0°, 90°, 180°, 270°). Concrètement, les enfants doivent choisir la vue correcte à partir d'un ensemble de photographies. Ces orientations canoniques permettent aux enfants de coder les relations spatiales existantes entre la scène et l'observateur en relations « avant-arrière » et « gauche-droite ». L'objectif de la présente étude est d'évaluer l'effet d'autres orientations telles que l'« oblique » (45°, 135°, 225°) dans le raisonnement spatial. En effet, le traitement des stimuli dont l'orientation est horizontale ou verticale est meilleur que celui des stimuli dont l'orientation est oblique (Gentaz & Hatwell, 1995 ; Gentaz & Streri 2004). Peu d'études concernant le développement du SPT chez l'enfant ont exploré cet effet oblique. A l'aide d'une situation d'apprentissage ludique (c'est-à-dire d'un jeu de plateau) et de plus en plus complexe (3 orientations spatiales, 16 objets situés, un point de vue interne et un point de vue externe au plateau), nous examinons l'intégration de différentes orientations spatiales (avant-arrière, gauche-droite, oblique) lors du raisonnement spatial chez des enfants âgés de 5 à 9 ans. Les résultats montrent un faible nombre d'erreurs et une performance stable des enfants âgés de 7 à 9 ans, quelle que soit l'orientation spatiale étudiée. En revanche, les enfants de 5 et 6 ans font plus d'erreurs de jugement, notamment pour l'orientation oblique par rapport aux autres orientations (Anova χ^2 (2, N = 95) = 13,5, $p < 0,001$). Ces résultats suggèrent une sensibilité différente, selon l'âge des participants, aux caractéristiques des tâches évaluant la prise de perspectives spatiales et permet de s'interroger sur les perspectives d'évaluations dans le domaine mathématiques.

Bibliographie du résumé :

- Gentaz, E., & Hatwell, Y. (1995). The haptic "oblique effect" in children's and adults' perception of orientation. *Perception*, 24(6), 631–646. <https://doi.org/10.1068/p240631>
- Gentaz, E., & Streri, A. (2004). An "Oblique Effect" in Infants' Haptic Perception of Spatial Orientations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16(2), 253–259. <https://doi.org/10.1162/089892904322984544>
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The child's conception of space*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Vander Heyden, K.M., Huizinga, M., Raijmakers, M.E., & Jolles, J. (2017). Children's representations of another person's spatial perspective: Different strategies for different viewpoints? *J Exp Child Psychol.*, 153, 57-73. doi: 10.1016/j.jecp.2016.09.001.