

Etude expérimentale de l'habileté de visualisation spatiale menée auprès des enfants âgés de 8 à 12 ans : impact du matériel d'évaluation

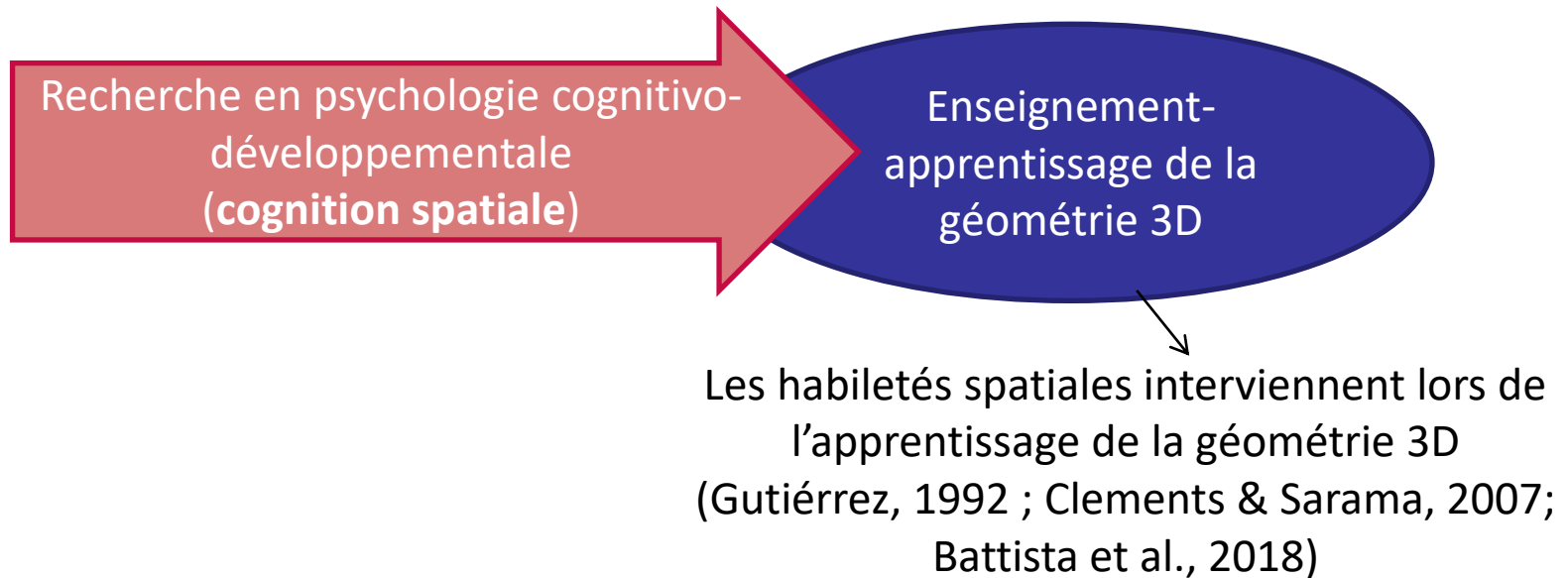
Romain Beuset (Aspirant FRS-FNRS)
Natacha Duroisin (Professeur)

Service d'Education et des Sciences de l'Apprentissage (EDUSA)



Piaget Ripsydeve 2023
(27/06/23)

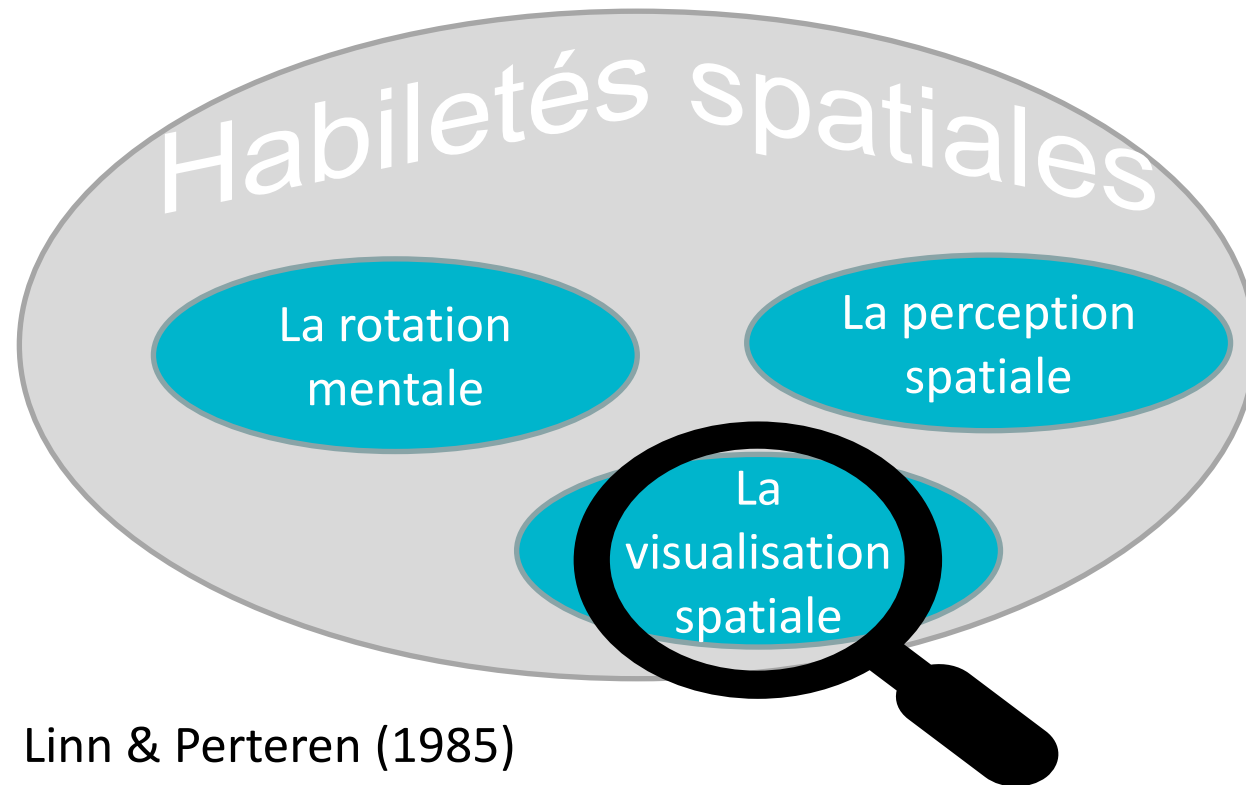
Contexte :



Postulat de départ :

Mieux comprendre le fonctionnement cognitif des élèves notamment face aux différents **types de supports** (matériel 3D, matériel virtuel, représentations planes) utilisés pour représenter des objets 3D va permettre d'apporter des recommandations aux enseignants par rapport au matériel d'apprentissage à utiliser en géométrie 3D

Objet d'étude :



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 (Loranger et al., 2000 ; Marchand, 2006 ; Nagy-Kondor, 2014 ; ...).

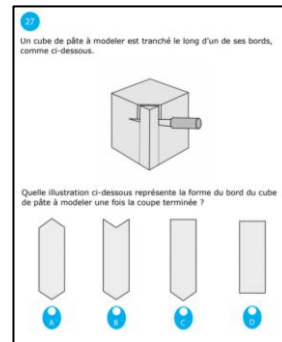
Linn & Perteren (1985)

Comment évaluer la visualisation spatiale ?

A l'aide de **tâches diverses** :

- Tâches de passage d'un solide à son développement ou inversement (ex. Ekstrom et al., 1976; Ramful et al., 2016)
- Tâches de pliage de papier (ex. Ekstrom et al., 1976; Ramful et al., 2016)
- Tâches d'identification de formes d'empreintes et de coupes de solides (ex. Quaiser-Pohl, 2003; Tsutsumi et al., 1999; Ramful et al., 2016; Duroisin, 2015)

Des évaluations avec épreuves papier-crayon ou informatisées (représentations 2D de solides)



Des évaluations avec des objets 3D à observer (support 3D)




Ex : Duroisin (2015)

Ex : Tsutsumi et al. (1999), Ramful et al. (2016)

Question de recherche :

Les performances des élèves (8 à 12 ans) à des tâches de visualisation spatiale sont-elles impactées par le type de support d'évaluation utilisé ?

- 
- Représentations 2D de solides
 - Représentations virtuelles 2 ½ D Au sens de Bertolo (2013)
 - Solides tangibles en 3D

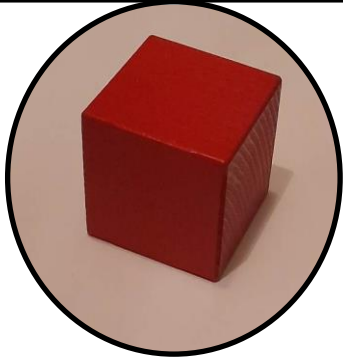
Éléments de réponse :

- De nombreuses épreuves « papier-crayon » existent et de plus en plus sont adaptées sous format numérique (Parsey & Schmitter-Edgecombe, 2013)
- Certains auteurs évoquent les limites des épreuves « papier-crayon » évaluant des habiletés spatiales portant sur les objets 3D et privilégient l'évaluation avec matériel tangible (ex. Hawes et al., 2015 ; Rahe & Quaiser-Pohl, 2022)
- Les solides virtuels offrent un traitement dynamique des informations qui donne l'impression d'une vision tridimensionnelle et une proximité avec la manipulation d'objets physiques (Bakò, 2003) (Žilková & Partová, 2019)
- Néanmoins, les solides virtuels exigent une reconstruction mentale de la 3D et nécessitent une charge mentale plus importante (Vivian et al., 2014)
(Ayres & Paas, 2009 ; Höffler, 2010)

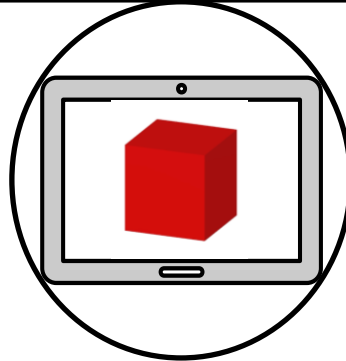
➔ Les processus cognitifs et comportements perceptifs pourraient différer entre les environnements réels et les environnements virtuels

(ex. Rose & Foreman, 1999)

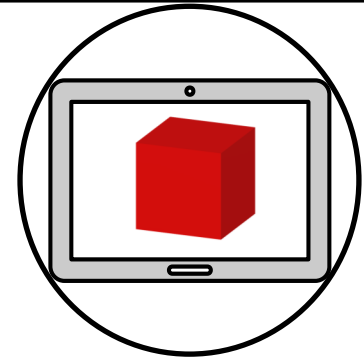
Méthodologie:



Groupe 1 : des solides 3D (matériel tangible) à observer

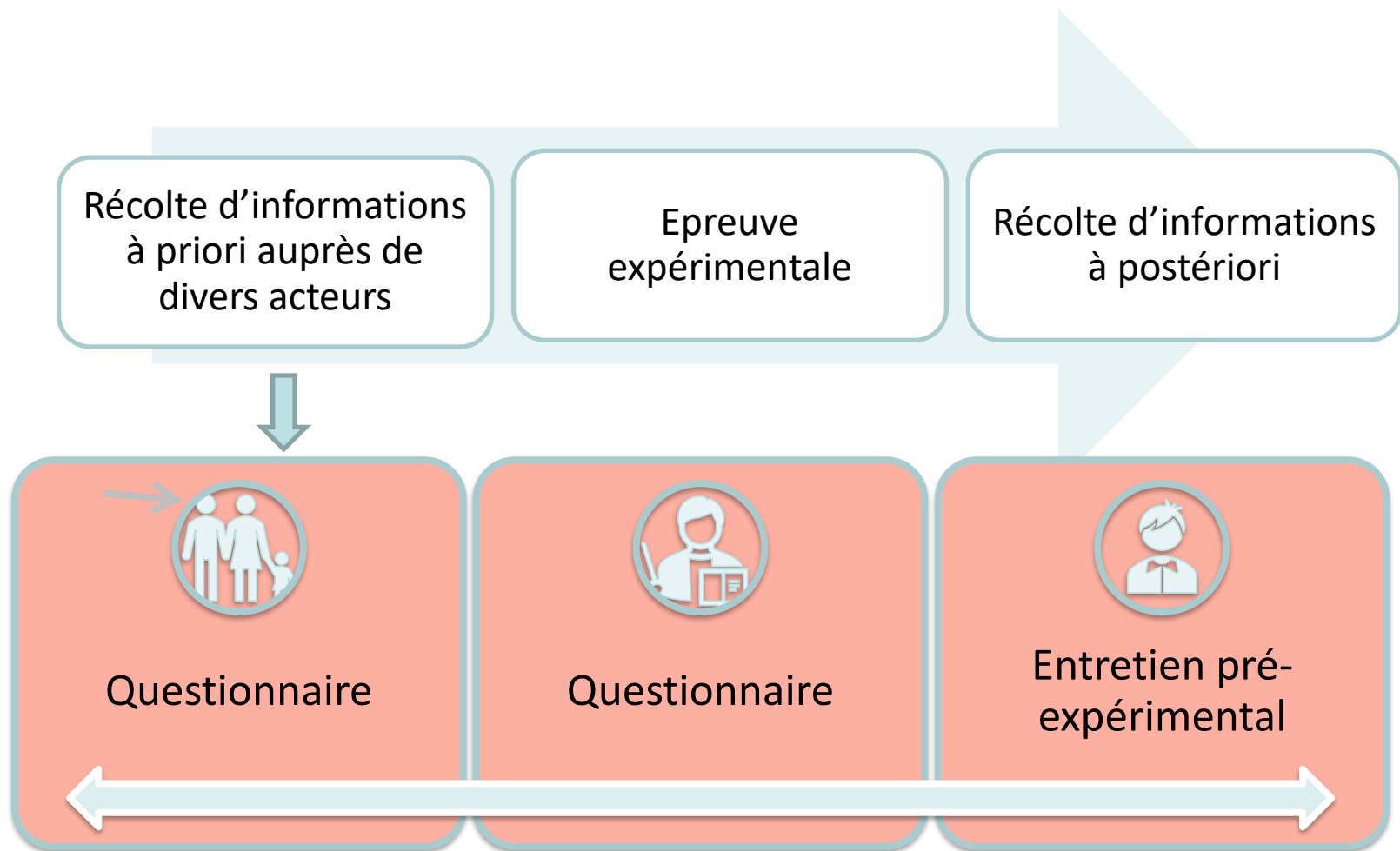


Groupe 2 : des représentations virtuelles de solides (2 ½ D) à observer



Groupe 3 : des représentations 2D de solides (2D) à observer

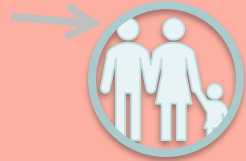
	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
8 ans	11	11	11
9 ans	12	11	11
10 ans	11	12	11
11 ans	11	12	12
12 ans	10	11	11
TOTAL	55	57	56



Récolte d'informations
à priori auprès de
divers acteurs

Epreuve
expérimentale

Récolte d'informations
à postériori



Questionnaire



Questionnaire



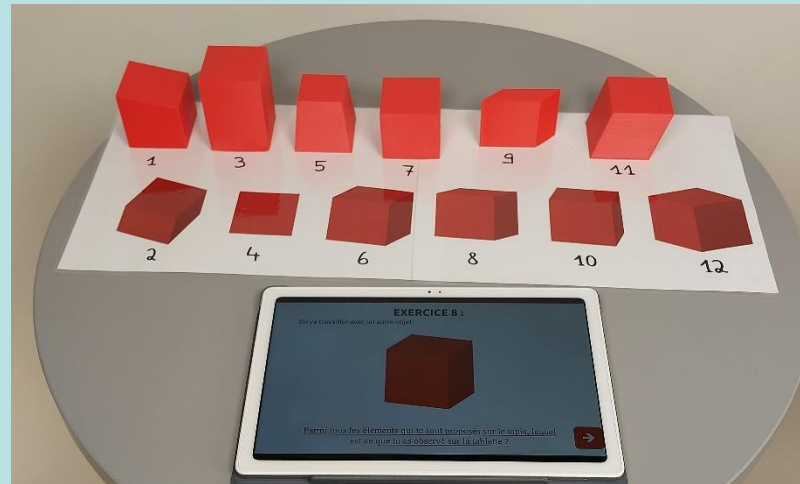
Entretien pré-
expérimental



- Troubles diagnostiqués ou suspectés
- Habitudes et expériences antérieures
- Passation d'une épreuve psychométrique sur la **rotation mentale** (Test de 3D-MRBT - Hawes et al., 2014)
- Vérification de la **perception des solides dans la modalité du groupe + familiarisation**
- ...

Pourquoi évaluer préalablement la perception ?

Travaux expérimentaux menés sur la perception de la 3D face aux solides virtuels



Résultats généraux de l'expérimentation :

Une majorité d'élèves arrive à percevoir adéquatement la 3^{ème} dimension face à des environnements virtuels MAIS au moins 20% des élèves perçoivent la 3D de manière incorrecte ou en restent à la 2D et ce même à 14-15 ans (taux variables selon les solides).

(Beuset & Duroisin, 2022, 2023)

La capacité de perception de la 3D pourrait influencer la résolution de tâches de coupes et d'empreintes

Récolte d'informations
à priori auprès de
divers acteurs

Epreuve
expérimentale

Récolte d'informations
à postériori

Réplication/adaptation de Duroisin (2015) :

Séance collective mais réponses individuelles (sur papier)

1) Clarification des concepts de coupes et empreintes + vérification

2) 20 exercices :

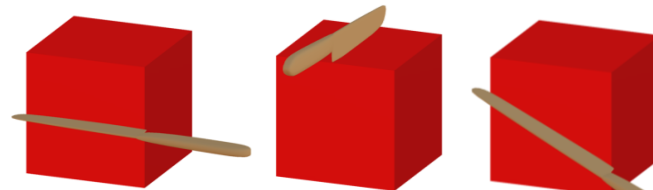
- 5 solides « **simples** » : cube, cône, sphère, cylindre, anneau rond à bord rond
- 1 empreinte et 3 coupes (transversale, longitudinale, oblique) par solide

Empreintes

Le solide est montré dans
modalité du groupe

Coupes

Le solide et un couteau prêt
à le couper sont montrés
dans la modalité du groupe



L'enfant va devoir dessiner (à main
levée) sur une feuille la forme de
l'empreinte/de la coupe + écrire le
nom de la forme dessinée

Analyser les productions des élèves : identifier les occurrences des dessins corrects et des erreurs-types

Grille pour la coupe transversale d'un cube	
A : l'élève a dessiné un carré 	A.0 : l'élève a écrit « je ne sais pas », « / », « » A.1 : l'élève a écrit « carré » A.2 : l'élève a écrit « rectangle » A.3 : l'élève a écrit autre chose + à préciser
B : l'élève a dessiné un rectangle 	B.0 : l'élève a écrit « je ne sais pas », « / », « » B.1 : l'élève a écrit « rectangle » B.2 : l'élève a écrit « carré » B.3 : l'élève a écrit autre chose + à préciser
C : l'élève a dessiné un parallélogramme 	C.0 : l'élève a écrit « je ne sais pas », « / », « » C.1 : l'élève a écrit « parallélogramme » C.2 : l'élève a écrit « carré » C.3 : l'élève a écrit autre chose + à préciser
D : l'élève a dessiné une droite horizontale 	D.0 : l'élève a écrit « je ne sais pas », « / », « » D.1 : l'élève a écrit « droite », « segment », « ligne », ... D.2 : l'élève a écrit « carré » D.3 : l'élève a écrit autre chose + à préciser
E : l'élève a dessiné un cube 	E.0 : l'élève a écrit « je ne sais pas », « / », « » E.1 : l'élève a écrit « cube » E.2 : l'élève a écrit « carré » E.3 : l'élève a écrit autre chose + à préciser
F : l'élève a dessiné un demi-cube (en suivant la coupe transversale) 	F.0 : l'élève a écrit « je ne sais pas », « / », « » F.1 : l'élève a écrit « demi-cube », « parallélépipède rectangle », « prisme », ... F.2 : l'élève a écrit « carré » F.3 : l'élève a écrit autre chose + à préciser
X : l'élève a dessiné autre chose (autre forme) + à préciser	X.0 : l'élève a écrit « je ne sais pas », « / », « » X.1 : l'élève a écrit « carré » X.2 : l'élève a écrit autre chose + à préciser
Y : l'élève a dessiné quelque chose de non compréhensible	Y.0 : l'élève a écrit « je ne sais pas », « / », « » Y.1 : l'élève a écrit « carré » Y.2 : l'élève a écrit autre chose + à préciser
Z : l'élève n'a rien dessiné / a mis une barre / a mis « je ne sais pas »	Z.0 : l'élève a écrit « je ne sais pas », « / », « » Z.1 : l'élève a écrit « carré » Z.2 : l'élève a écrit autre chose + à préciser

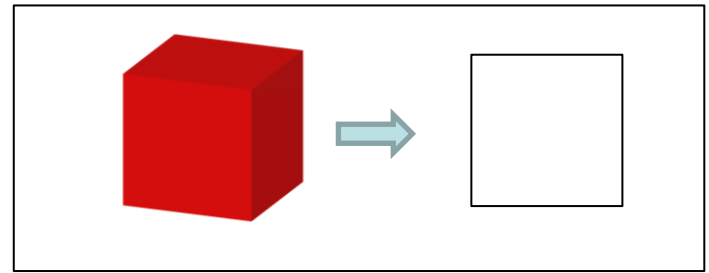
Résultats intermédiaires :

Expérimentation en cours ! Focus sur les résultats des 10-11 ans

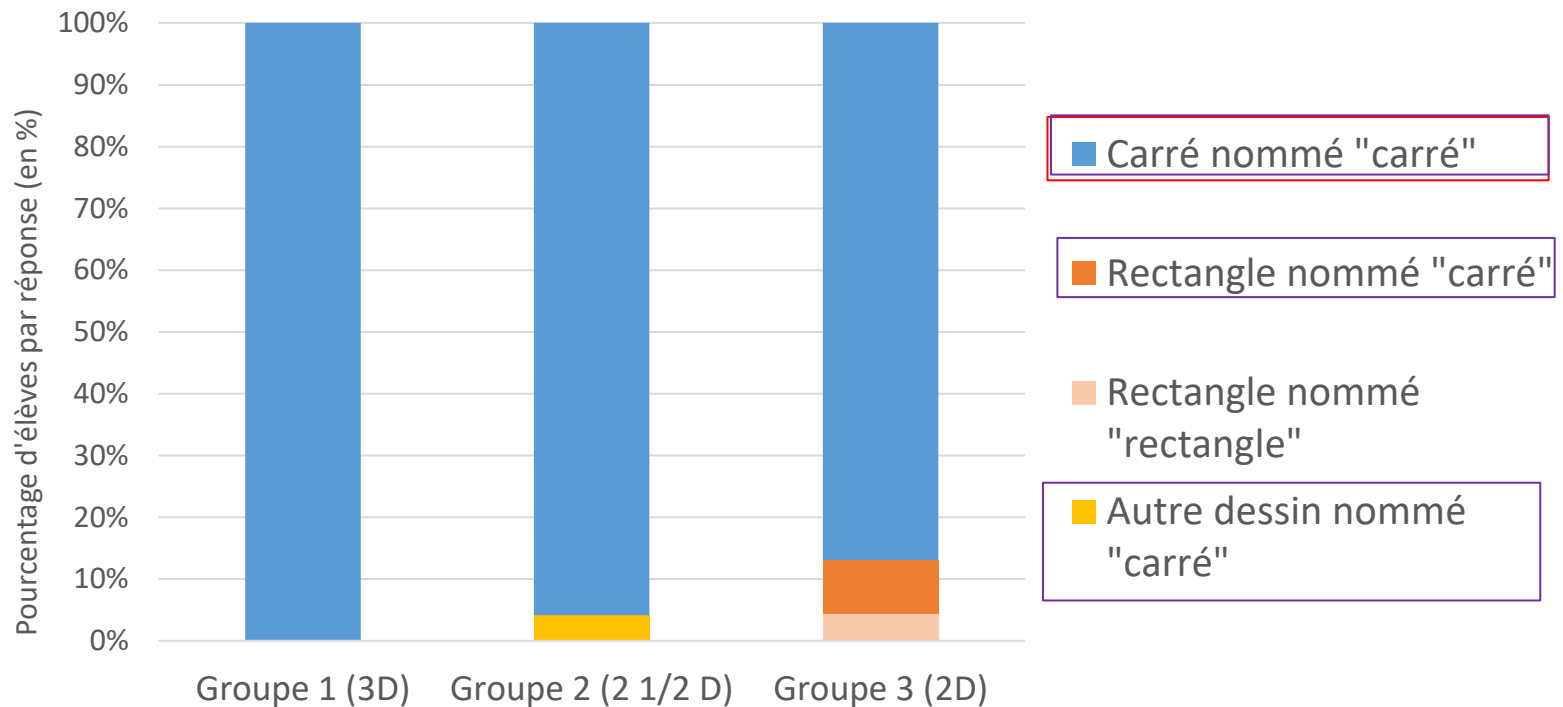
- Codage unique (codage en double-aveugle en cours)

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
10 ans	11	12	11
11 ans	11	12	12
Total	22	24	23

Résultats intermédiaires :

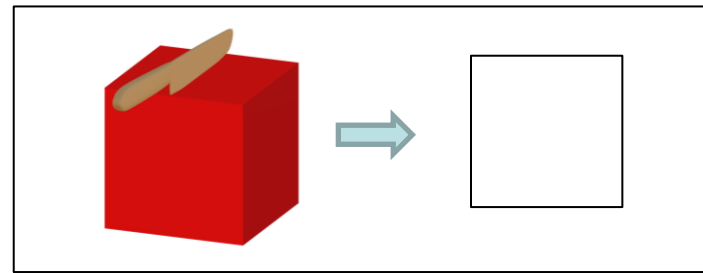


Résultat pour l'exercice d'empreinte du cube

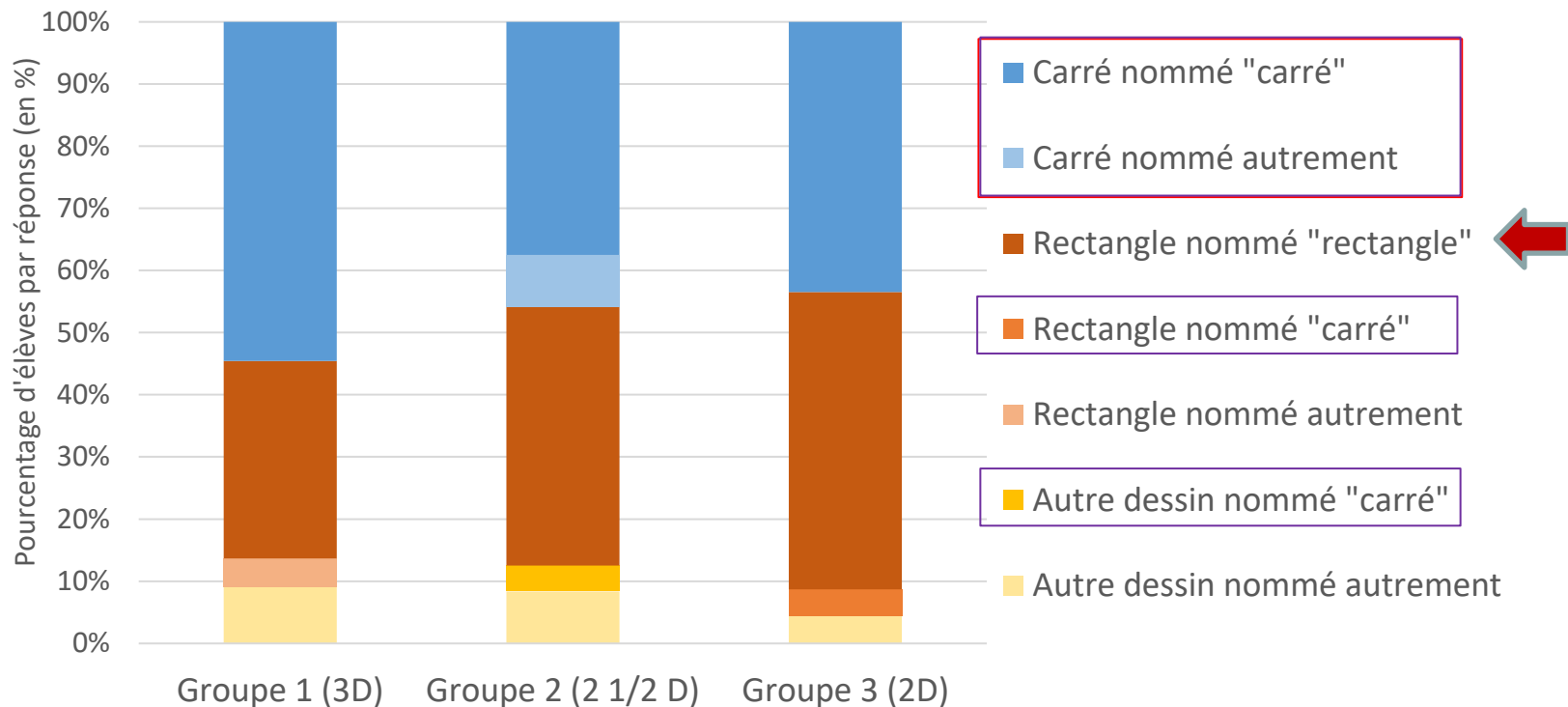


100%	95,8%	87%
100%	100%	96%

Résultats intermédiaires :

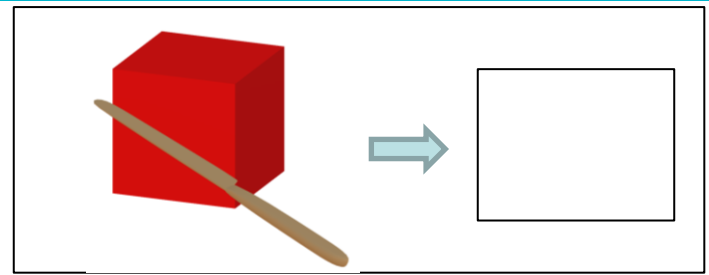


Résultat pour l'exercice de la coupe longitudinale du cube

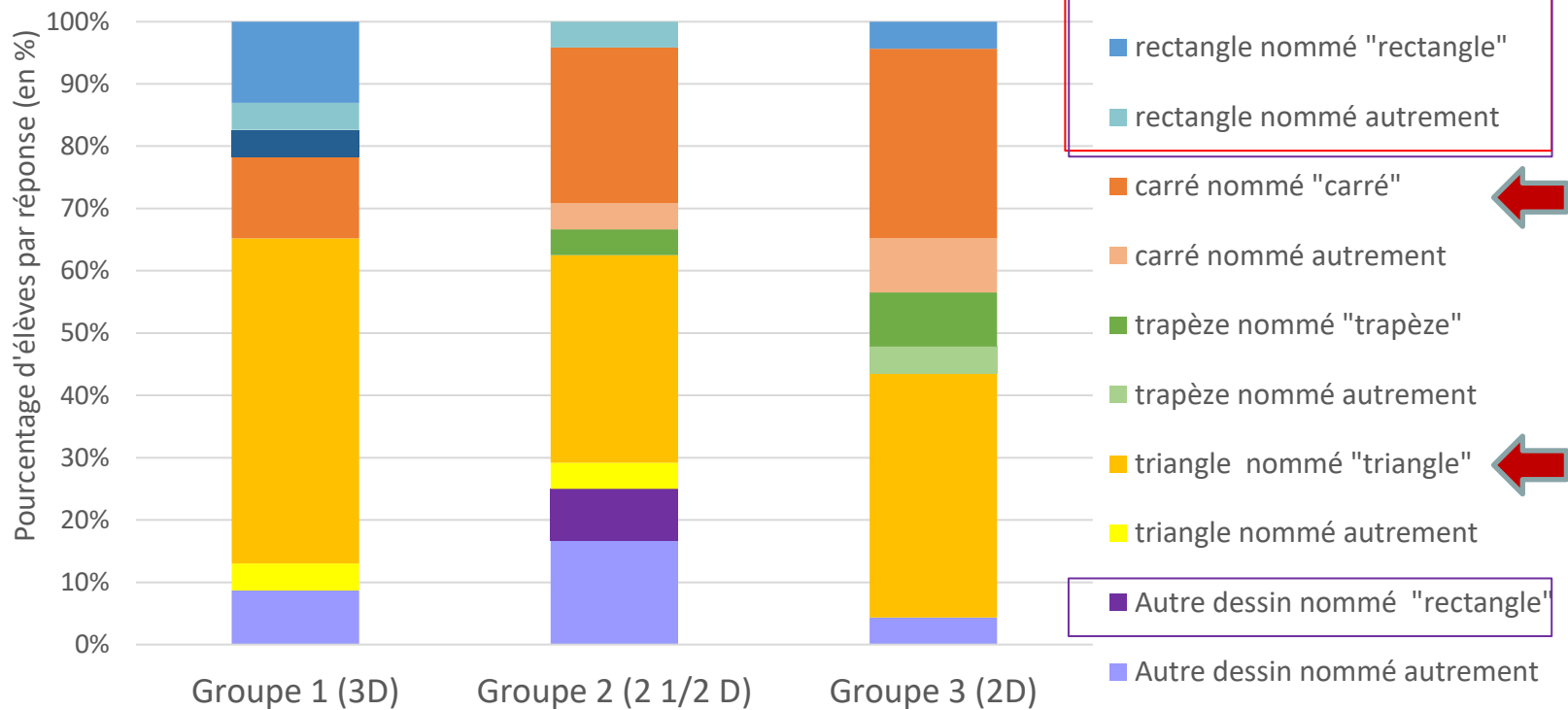


55%	46%	43%
59%	50%	48%

Résultats intermédiaires :

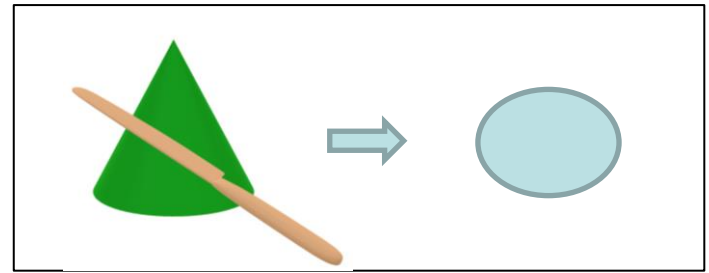


Résultats pour l'exercice de la coupe oblique du cube

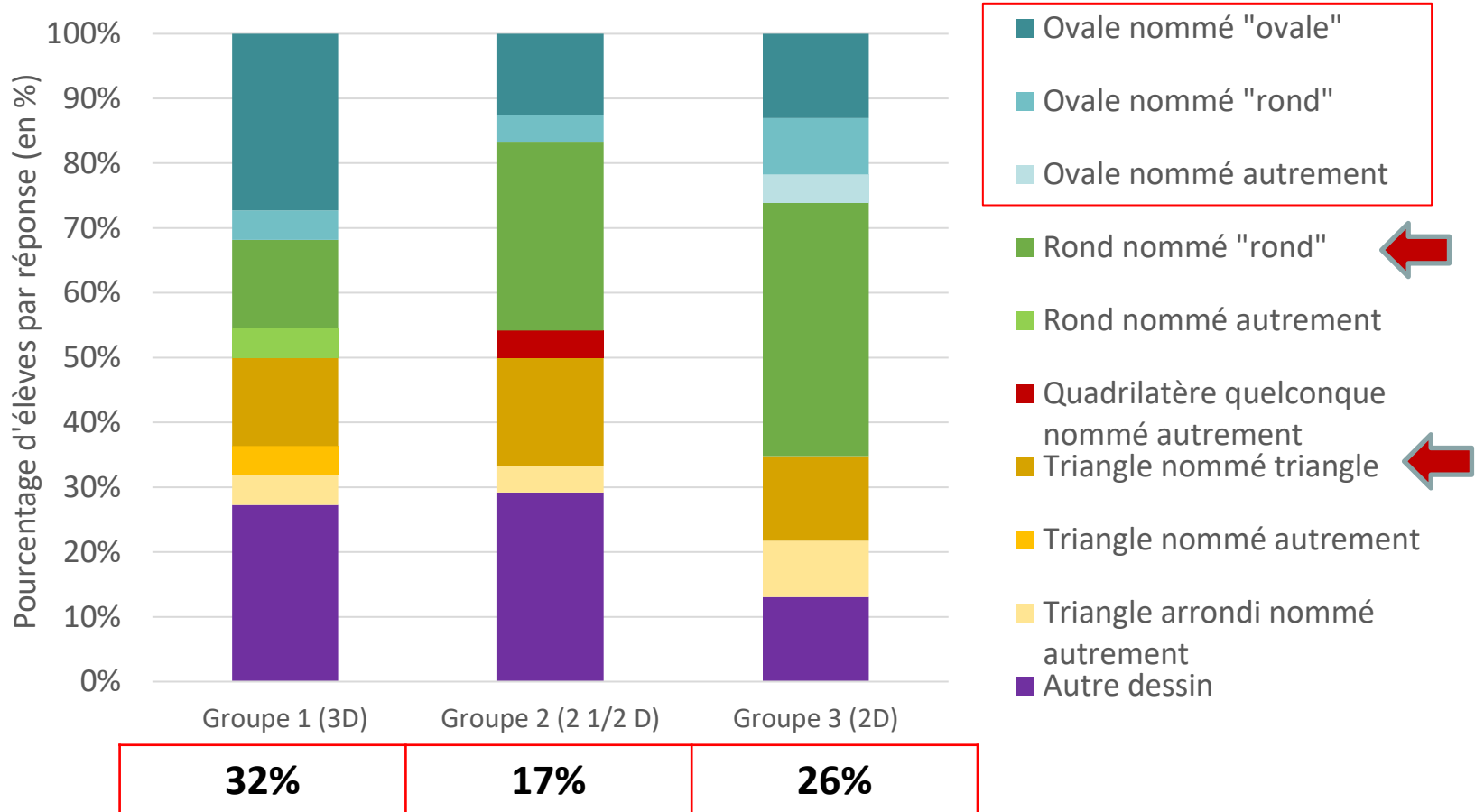


18%	4,1%	4,3%
18%	12,5%	4,3%

Résultats intermédiaires :



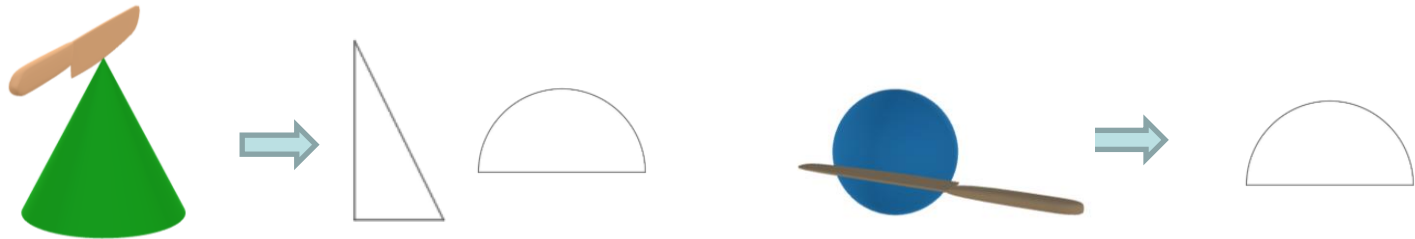
Résultats pour l'exercice de la coupe oblique du cône



Résultats intermédiaires :

Autres observations au niveau des résultats :

- Différences entre les groupes plus marquées dans d'autres exercices et le plus souvent en faveur du groupe « 3D »
- Certains exercices moins bien réussis (ex : coupes obliques, empreinte de sphère,...)
- Erreurs les plus courantes : dessins centrés sur le « vu »
 - Pour les coupes, dessin d'une partie de la face sur laquelle la coupe est menée (tous les supports)



- Pour les empreintes ou les coupes : pas de prise en compte de la perspective (surtout avec les représentations 2D)



Discussion :

- Résultats globalement en faveur du groupe « 3D » et certaines erreurs-types plus présentes dans le groupe « 2D »

Expliqués par ...

- la différence de charge cognitive occasionnée par les supports (Höffler, 2010)
- par les difficultés de lecture de représentations 2D de solides (Camou, 2012 ; Kondo et al., 2014)

Cohérence avec les limites associées aux épreuves « papier-crayon »
(Hawes et al., 2015 ; Rahe & Quaiser-Pohl, 2022)

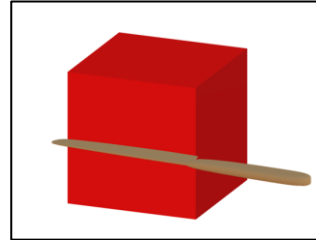
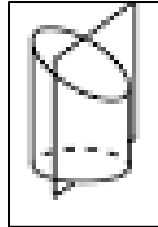
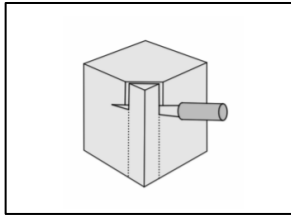
➔ Processus cognitifs et comportements perceptifs pouvant différer entre les environnements réels et virtuels (Rose et Foreman, 1999)

- Résultats différents selon les solides (Duroisin & Demeuse, 2016)
- Certaines tâches de visualisation spatiale posent des difficultés aux enfants (Duroisin, 2015 ; Mithalal, 2010)
 - Conflit entre le « vu » et le « su » (Parzysz, 1988)

Discussion :

Limites

- Difficulté dans l'interprétation de certaines productions
 - Manque de clarté de certains dessins (main levée)
 - Situations d'incohérence entre le dessin et le nom donné par l'élève
- Ambiguïté du dessin de coupe



▪ ...

Perspectives

- Elargissement de l'échantillon
- Varier les modalités de représentations fournies
- Investiguer l'impact du support sur d'autres habiletés (ex. rotation mentale → Neubauer et al., 2010)

Conclusion : apports de la recherche



Mieux comprendre les composantes du raisonnement spatial des enfants, en y intégrant la dimension « numérique », en vue de compléter les informations dont on dispose déjà ...

- sur l'habileté de visualisation spatiale (ex. Piaget & Inhelder, 1947 ; Duroisin, 2015)
- sur l'impact des environnements virtuels sur d'autres habiletés spatiales (ex. Parsons et al., 2004 ; Neubauer et al., 2010 ; Beauset & Duroisin, 2023)

Mener une réflexion sur les évaluations psychométriques des habiletés spatiales, les limites et potentiels des différents types d'épreuves (ex. Bauer et al., 2012)



Mieux comprendre le développement spatial des apprenants pour proposer un enseignement de la géométrie 3D tenant compte de ce développement

➔ Contexte : besoin de formation exprimé par les enseignants (Seha et al., 2023) et faibles recommandations dans les prescrits et la recherche

Merci de votre attention !

N'hésitez pas à prendre connaissance des recherches du service d'EDUcation et des Sciences de l'Apprentissage ainsi que des communications réalisées lors du congrès !

→ edusa.be



Bienvenue sur le site du service EDUcation et Sciences de l'Apprentissage (EDUSA) !

Un espace dédié à la présentation de nos recherches et de nos formations portant sur diverses thématiques relatives à l'**apprentissage** et à l'**enseignement aux niveaux maternel, primaire et secondaire** !

Plus particulièrement, ce site comporte des ressources théoriques (sous la forme de fiches ou de vidéos) et pratiques (sous la forme d'outils directement utilisables en classe) sur plusieurs concepts de **psychologie des apprentissages** et de **neuroéducation**, de **différenciation** et d'**accompagnement personnalisé**, de **bien-être en enseignement**... Ces concepts sont exploités dans plusieurs disciplines comme les **mathématiques**, les **sciences** et la **géographie**. Les travaux que nous menons ont donc pour spécificité de se situer à mi-chemin entre la psychologie (cognitive et développementale, en ce compris les neurosciences), les didactiques et les sciences de l'éducation !

Nous vous souhaitons une bonne découverte des contenus proposés. N'hésitez pas à nous suivre sur les réseaux sociaux et à prendre contact avec nous en cas de questions.

Nos recherches



Bibliographie :

- Ayres, P., & Paas, F. (2009). Interdisciplinary perspectives inspiring a new generation of cognitive load research. *Educational Psychology Research*, 21, 1–9.
- Bakó, M. (2003). Different projecting methods in teaching spatial geometry. Proceedings of the Third Conference of the European society for Research in Mathematics Education.
- Battista, M. T., Frazee, L. M., & Winer, M. L. (2018). Analyzing the relation between spatial and geometric reasoning for elementary and middle school students. Dans K. S. Mix & M. T. Battista (Eds.), *Visualizing Mathematics: the role of spatial reasoning in mathematical thought* (pp. 195–228). Cham: Springer.
- Bauer, R. M., Iverson, G. L., Cernich, A. N., Binder, L. M., Ruff, R. M., & Naugle, R. I. (2012). Computerized neuropsychological assessment devices: joint position paper of the American Academy of Clinical Neuropsychology and the National Academy of Neuropsychology. *The Clinical Neuropsychologist*, 26(2), 177-196. <https://doi.org/10.1080/13854046.2012.663001>
- Beuset, R., & Duroisin, N. (2022). Etude expérimentale de l'habileté visuo-spatiale relative à la perception de la 3D en environnements virtuels auprès des enfants de 6 à 12 ans. Actes du 14ème colloque international du RIPSIDEVE, Montpellier.
- Beuset, R., & Duroisin, N. (à paraître en 2023). L'évaluation des habiletés spatiales au service de l'enseignement-apprentissage de la géométrie tridimensionnelle : qu'en est-il des environnements virtuels 2 ½ D ? Dans N. Loye et N. Duroisin (dir.), *Évaluation des apprentissages et technologies numériques : évolution, nouveautés et défis actuels*. Peter Lang.
- 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.
- Camou, B. J. (2012). *High school students' learning of 3D geometry using iMAT (integrating Multityperrepresentations, Approximations and Technology) engineering* (thèse de doctorat). University of Georgia.
- Clements, D., & Sarama, J. (2007). Effects of a preschool mathematics curriculum: summative research on the *Building Blocks* project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 38, 136-163.
- Duroisin, N. (2015). *Quelle place pour les apprentissages spatiaux à l'école ? Etude expérimentale du développement des compétences spatiales des élèves âgés de 6 à 15 ans* (thèse de doctorat). Université de Mons, Mons.
- Duroisin, N. & Demeuse, M. (2016). Le développement de l'habileté de visualisation spatiale en mathématiques chez les élèves âgés de 8 à 14 ans. *Petit X*, 102, 5-25.
- Gutiérrez, A. (1992). Exploring the Links Between Van Hiele and 3-dimensional Geometry. *Topologie Structurale*, 18, 31-47.
- Ekstrom, R. B., French, J. W., Harman, H. H., & Dermen, D. (1976). *Manual for kit of factor-referenced cognitive tests*. Princeton, NJ: Educational testing service.

- Hawes, Z., LeFevre, J.-A., Xu, C., & Bruce, C. (2015). Mental Rotation With Tangible Three-Dimensional Objects: A New Measure Sensitive to Developmental Differences in 4- to 8-Year-Old Children. *Mind, Brain, and Education*, 9(1), 10–18. doi:10.1111/mbe.12051
- Höffler T.N. (2010). Spatial ability: its influence on learning with visualizations—a metaanalytic review. *Educational Psychology Review*, 22, 245–269 DOI 10.1007/s10648-010-9126-7.
- Kondo, Y., Fujita, T., Kunimune, S., Jones, K., & Kumakura, H. (2014). The influence of 3D representations on students' level of 3D geometrical thinking. *Proceedings of PME 38 and PME-NA*, 36(4), 25–32.
- Linn, M.C. & Peterson, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a metaanalysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Loranger, M., Pepin, M., Cote, M., Boisvert, J.-M. & Blais, M. (2000). Performance Differences Between Adolescent Boys and Girls Assigned Four Visual-spatial Skills Tasks. *Canadian Psychology*, 41(1), 61-68.
- 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.
- Nagy-Kondor, R. (2014). Importance of Spatial Visualization Skills in Hungary and Turkey: Comparative Studies. *Annales Mathématiques et learning difficulties*. Dans P. Rasanen (Ed.), International handbook of mathematical learning difficulties (pp.423-4Informatiques, 43, 171–181.
- Neubauer, A. C., Bergner, S., & Schatz, M. (2010). Two-vs. three-dimensional presentation of mental rotation tasks: sex differences and effects of training on performance and brain activation. *Intelligence*, 38, 529–539.
- Parsey, C. M., & Schmitter-Edgecombe, M. (2013). Applications of Technology in Neuropsychological Assessment. *The Clinical Neuropsychologist*, 27(8), 1328-1361. <https://doi.org/10.1080/13854046.2013.834971>
- Parsons, T. D., Larson, P., Kratz, K., Thiebaut, M., Bluestein, B., Buckwalter, J. G., & Rizzo, A. (2004). Sex differences in mental rotation and spatial rotation in a virtual environment. *Neuropsychologia*, 42(4), 555–562.
- Parzysz, B. (1988). “Knowing” vs “seeing”. Problems of the plane representation of space geometry figures. *Educ Stud Math*, 19(1), 79-92. <https://doi.org/10.1007/BF00428386>
- Piaget36). Springer.
- , J., & Inhelder, B. (1947). La représentation de l'espace chez l'enfant. Paris, Presses Universitaires de France.
- Quaiser-Pohl, C. (2003). The Mental Cutting Test "Schnitte" and the Picture Rotation Test—Two New Measures to Assess Spatial Ability. *International Journal of Testing*, 3(3), 219–231. https://doi.org/10.1207/S15327574IJT0303_2

- 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*. 10.1007/s00426-022-01719-2
- Ramful, A., Lowrie, T., & Logan, T. (2017). Measurement of spatial ability: construction and validation of the spatial reasoning instrument for middleschool students. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 35(7), 709–727.
- Rose, D., & Foreman, N. (1999). Virtual reality. *Psychologist*, 12(11), 550-554.
- Seha, M., Beuset, R., & Duroisin, N. (2023, accepté, à paraître). Mettre la recherche en didactique de la géométrie et en psychologie cognitive au service des pratiques enseignantes. *Cahiers pédagogiques*
- Tsutsumi, E., Shiina, K., Suzaki, A., Yamanouchi, K., Saito, T., & Suzuki, K. (1999). A Mental Cutting Test for Female Students Using a Stereographic System. *J. Geometry Graphics*, 3(1), 111–119.
- Žilková, K. & Partová, E. (2019). Virtual manipulatives with cubes for supporting the learning process. In J. Novotna, & H. Moraova (Eds.), *International Symposium Elementary Maths Teaching. SEMT'19. Proceedings* (pp. 427-437). Prague: Charles University, Faculty of Education.