

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

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

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



Mise en contexte :

Recherche en psychologie cognitivo-développementale
(cognition spatiale)

Enseignement-apprentissage de la géométrie 3D

Les support d'évaluation des habiletés spatiales

Habiletés spatiales

La rotation mentale

La perception spatiale

La visualisation spatiale

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 ; ...).

Pourquoi évaluer cette habileté ?



Dans une perspective individuelle :

- Compréhension de certaines difficultés d'apprentissage que l'élève est susceptible de rencontrer lors de son parcours scolaire...
 - en géométrie (Baldy et al., 2005 ; Putri, 2017, Battista et al., 2018)
 - dans d'autres domaines mathématiques (Mix et al., 2016 ; Resnick et al., 2019)
 - dans d'autres disciplines (David & Clinciu, 2009 ; Hegarty, 2018)
- Identification des talents en STEM (Vander Heyden et al., 2016)
- Compréhension de certaines difficultés à effectuer des tâches du quotidien ou professionnelles (Marchand, 2006 ; Rodán, et al., 2019)



Dans une perspective collective / à des fins de recherche :

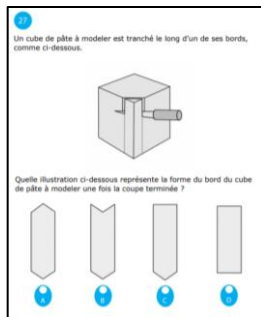
- Mieux comprendre les composantes du raisonnement spatial des enfants (Vander Heyden et al., 2016)
- Proposer des pistes pour un enseignement adapté au développement des élèves (géométrie)

Comment évaluer cette habileté ?

A l'aide de tâches impliquant l'habileté :

- Tâches de passage d'un solide à son développement ou inversement
 - Tâches de pliage de papier
- Tâches d'identification de formes d'empreintes et de coupes de solides
 - ...

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



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

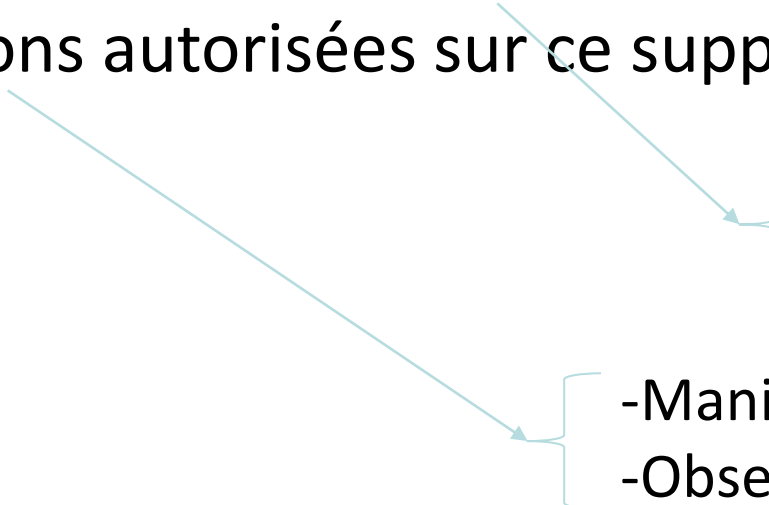


Ex : Duroisin (2015)

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

Question de recherche :

Les performances des adolescents (12 à 15 ans) à des tâches de visualisation spatiale sont-elles impactées par le type de support d'évaluation utilisé et par les actions autorisées sur ce support ?

- 
- Représentations 2D de solides
 - Représentations virtuelles 2 ½ D
 - Solides tangibles en 3D

- Manipulation et observation
- Observation

Éléments de réponse :

De nombreuses épreuves papier-crayon existent et de plus en plus sont adaptées sous format numérique
(Parsey & Schmitter-Edgecombe, 2013)

Les élèves ont des difficultés à lire les représentations 2D de solides
(ex. Camou, 2012 ; Kondo et al., 2014)

Certains auteurs considèrent d'ailleurs que ces difficultés occasionnent des limites aux épreuves papiers-crayon et privilégient l'évaluation avec matériel tangible
(ex. Hawes et al., 2015)

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:

40 élèves de
12 à 15 ans
par groupe

Manipulation

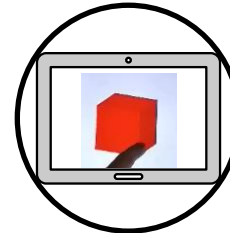


Matériel
tangible (3D)



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

Matériel virtuel
(2 ½ D)



Groupe 3 : des
représentations
virtuelles de
solides (2 ½ D) à
manipuler

Matériel virtuel
(2D)

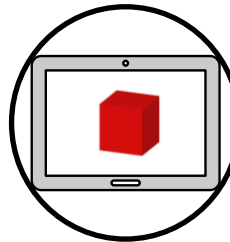


Groupe 5 : des
représentations
2D de solides
(2D)

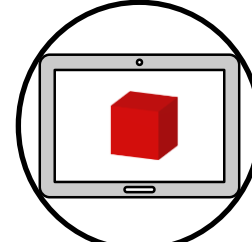
Observation



Groupe 2 : des
solides 3D
(matériel
tangible) à
observer

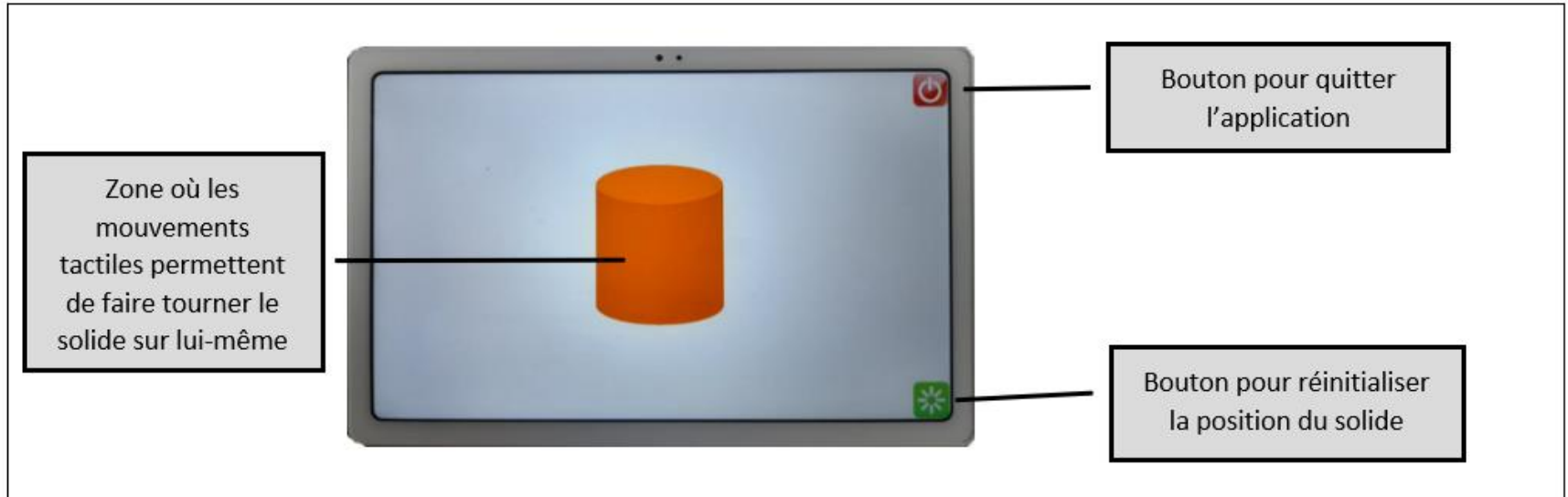


Groupe 4 : des
représentations
virtuelles de
solides (2 ½ D) à
observer

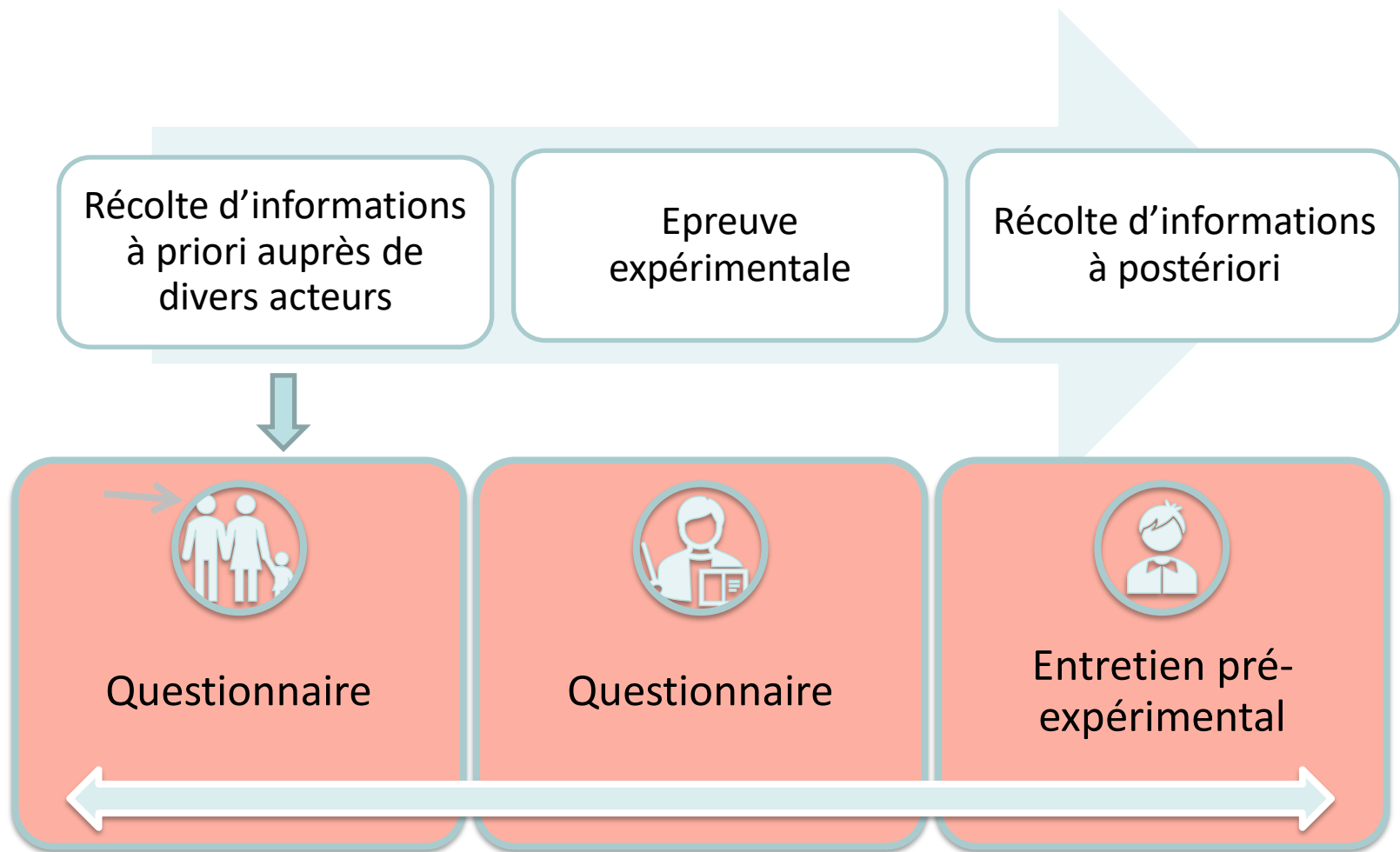


Quel environnement virtuel ?

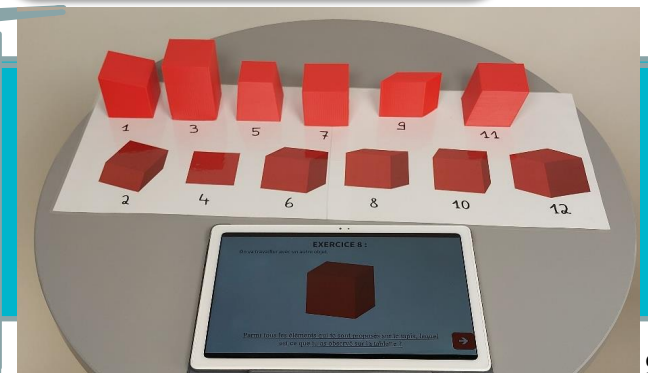
Environnement virtuel **simple** créé via l'outil Unity pour tenir compte des recommandations



- Interface simple, naturelle, ~~menus~~
- Espace de manipulation = zone centrale
- Manipulations les plus simples et les plus courantes avec interactions unimanuelles pour favoriser la coordination « gestes » / « actions »
- Widgets
- Possibilité de travailler sur Android et Windows (pour les vidéos)



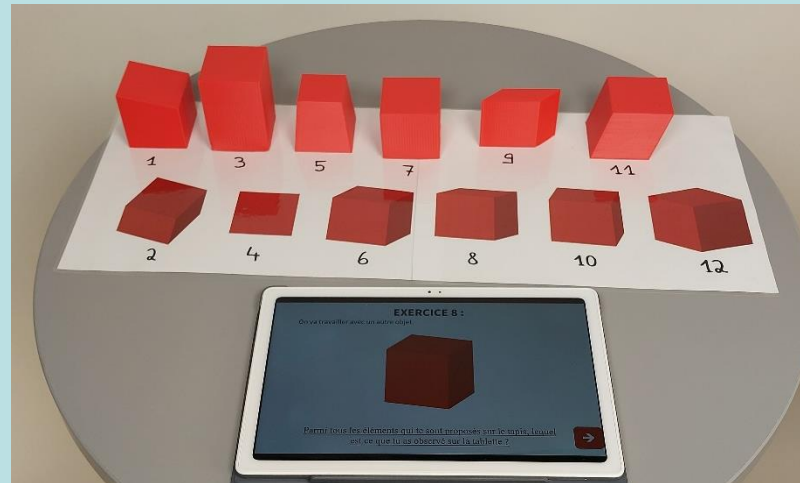
- Questionnaire à priori : habitudes avec la tablette
- Passation d'une épreuve psychométrique sur la **rotation mentale** (Test de 3D-MRBT - Hawes et al., 2014)
- Vérification de la **perception des solides dans la modalité du groupe + familiarisation**



Pourquoi évaluer préalablement la perception ?

L'habileté de perception de la 3D peut être considérée comme un prérequis à l'habileté de visualisation

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).

(Beauset & Duroisin, 2022, 2023)

Récolte d'informations
à priori auprès de
divers acteurs

Epreuve
expérimentale

Récolte d'informations
à postériori

Duroisin (2015) :

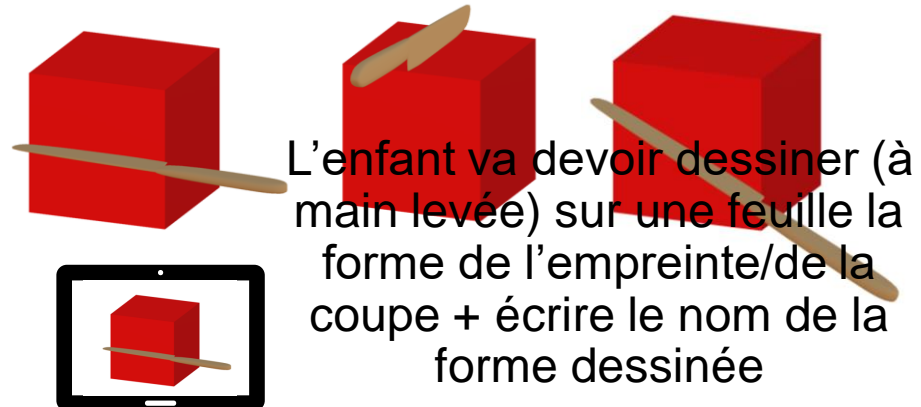
Séance collective mais réponses individuelles (sur papier)

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

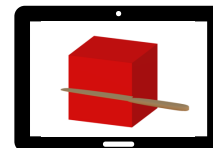
Empreintes

Le solide est montré dans la
modalité du groupe









Coupes

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



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

Grille pour la coupe transversale d'un cube

<p>A : l'élève a dessiné un carré</p> 	<p>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</p>
<p>B : l'élève a dessiné un rectangle</p> 	<p>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</p>
<p>C : l'élève a dessiné un parallélogramme</p> 	<p>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</p>
<p>D : l'élève a dessiné une droite horizontale</p> 	<p>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</p>
<p>E : l'élève a dessiné un cube</p> 	<p>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</p>
<p>F : l'élève a dessiné un demi-cube (en suivant la coupe transversale)</p> 	<p>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</p>
<p>X : l'élève a dessiné autre chose (autre forme) + à préciser</p>	<p>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</p>
<p>Y : l'élève a dessiné quelque chose de non compréhensible</p>	<p>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</p>
<p>Z : l'élève n'a rien dessiné / a mis une barre / a mis « je ne sais pas »</p>	<p>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</p>

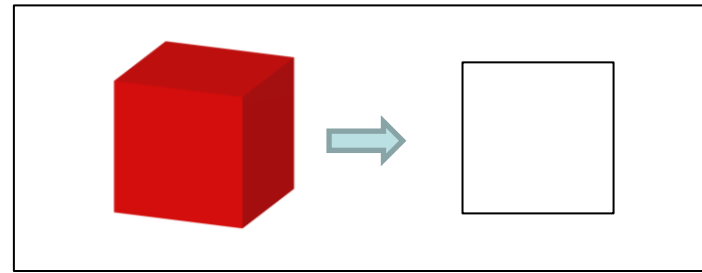
Premiers résultats :

Expérimentation en cours !

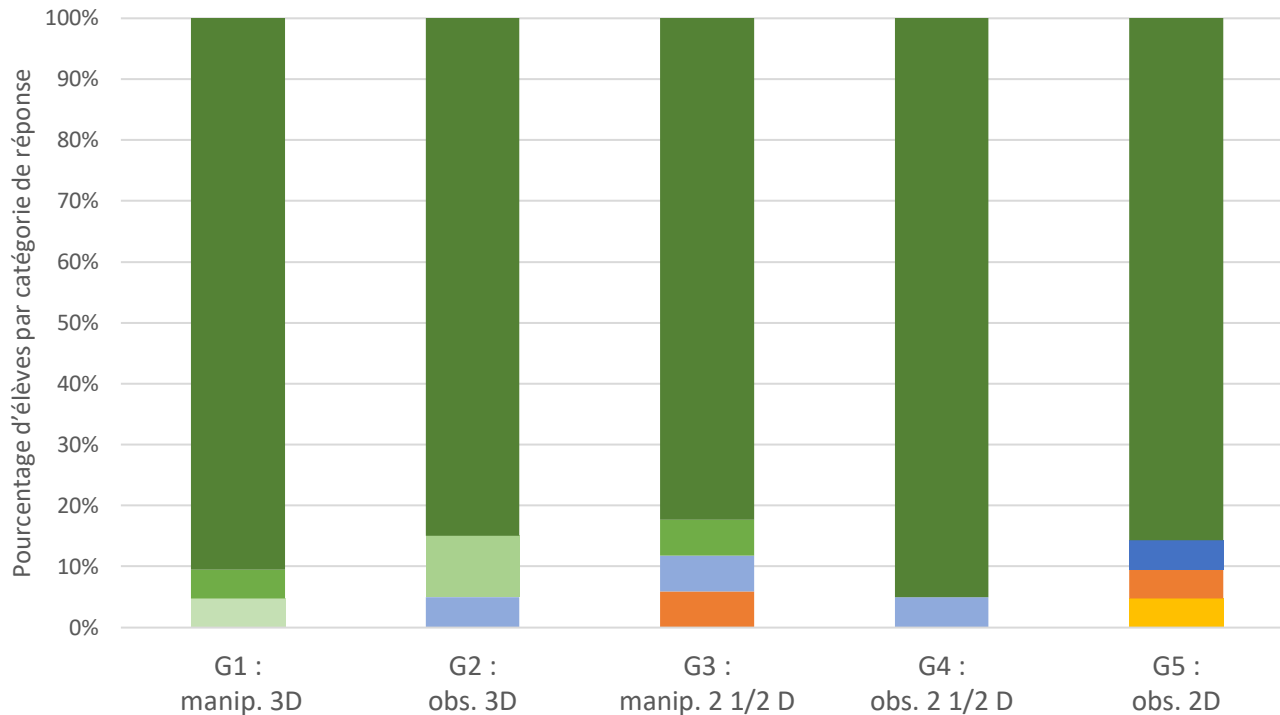
Echantillon

	G1 : manip. 3D	G2 : obs. 3D	G3 : manip. 2 ½ D	G4 : obs. 2 ½ D	G5 : obs. 2D
12 ans	10	8	9	11	11
13 ans	11	12	9	9	10
Total	21	20	18	20	21

Premiers résultats :



Empreinte du cube



- "Carré" nommé "carré"
- "Carré" nommé "carré et cube"
- "Carré" nommé "cube"
- "Carré" nommé autrement

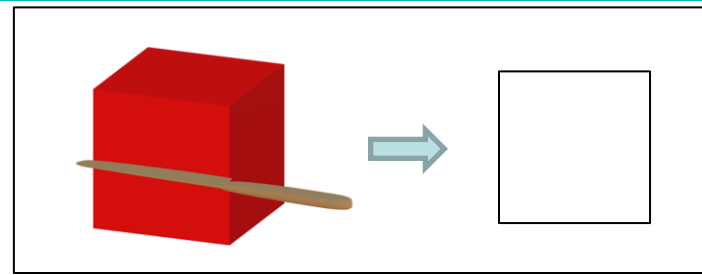
- "Rectangle" nommé "rectangle"
- "Rectangle" nommé "carré"

- "Parallélogramme" nommé "carré"
- Autre dessin

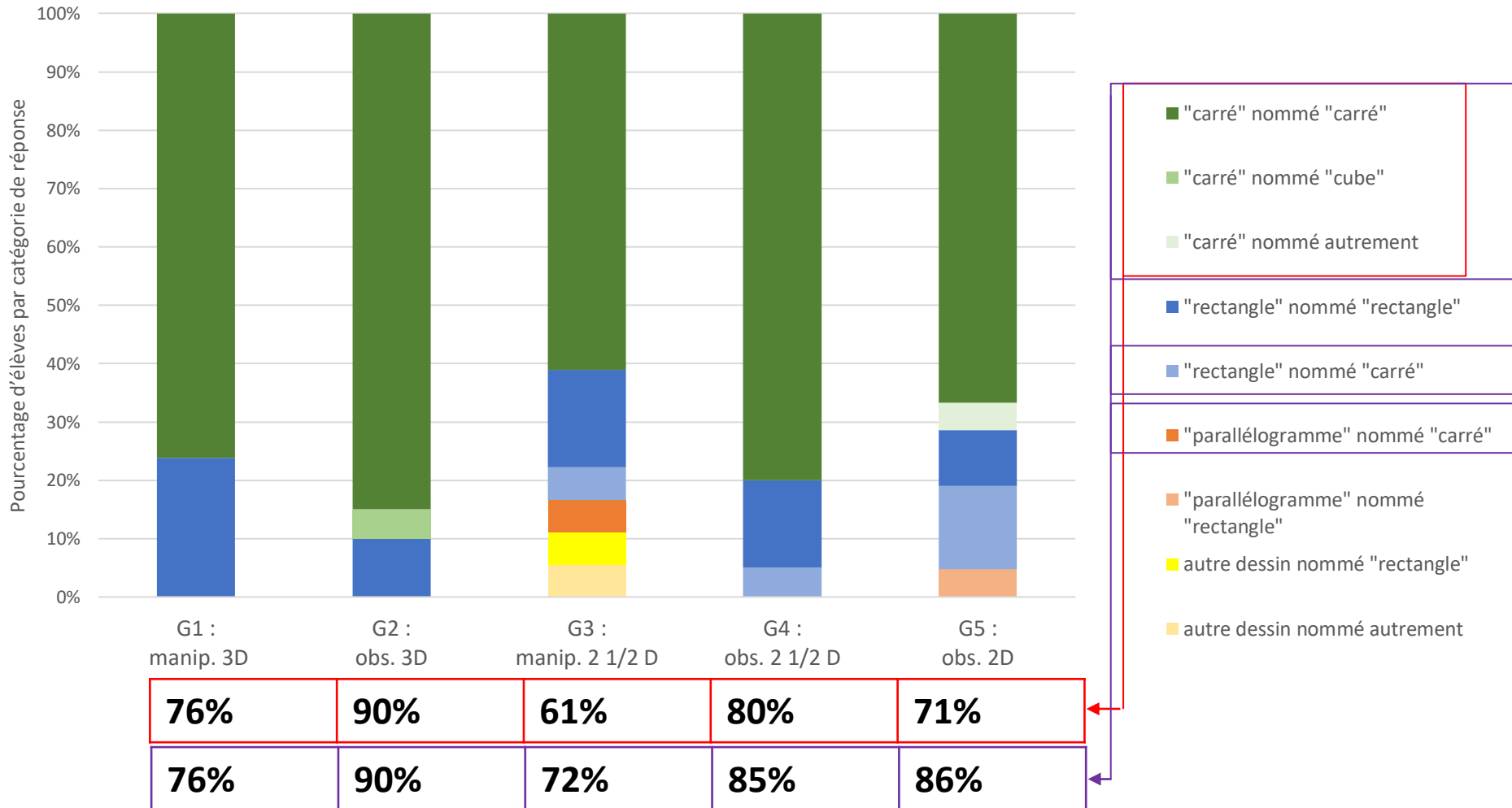
100%	95%	89%	95%	86%
-------------	------------	------------	------------	------------

100%	100%	100%	100%	90%
-------------	-------------	-------------	-------------	------------

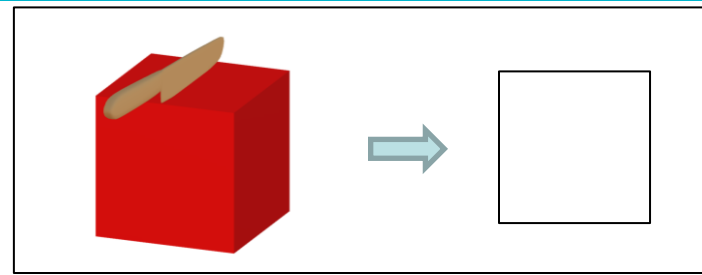
Premiers résultats :



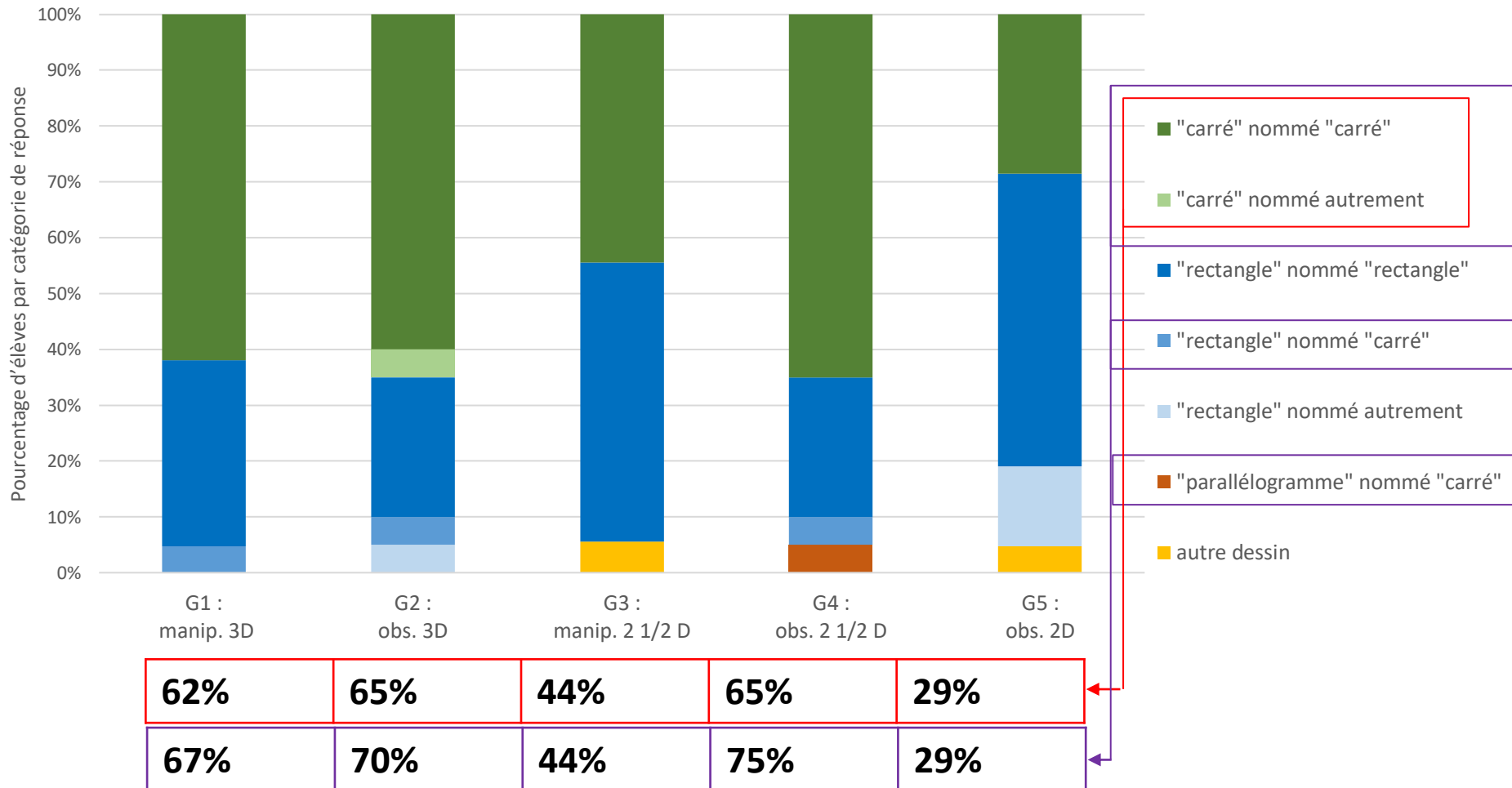
Coupe transversale du cube



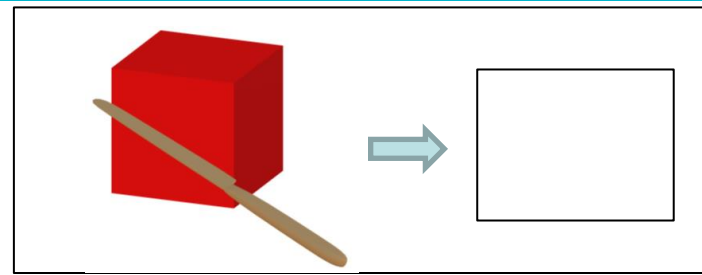
Premiers résultats :



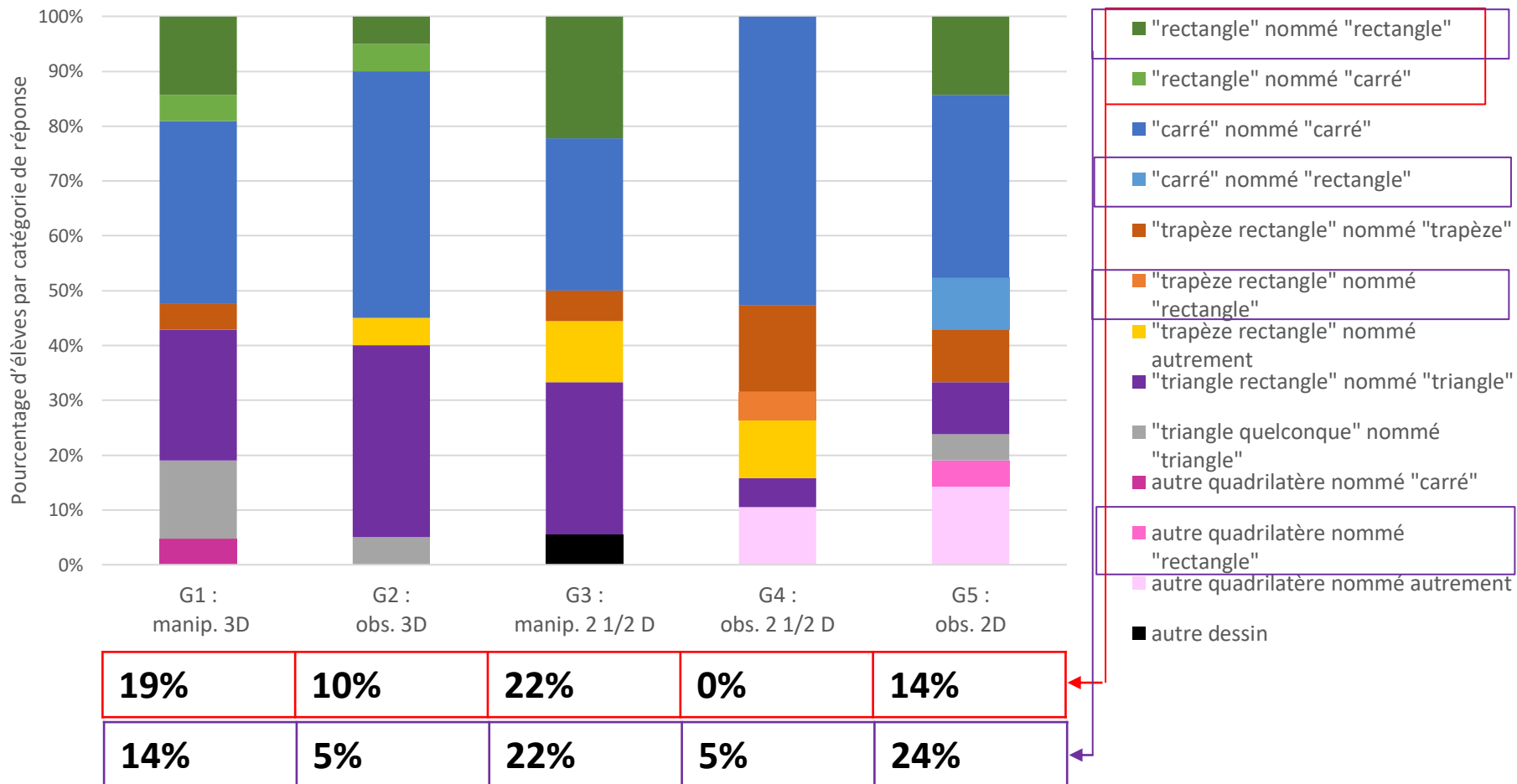
Coupe longitudinale du cube



Premiers résultats :



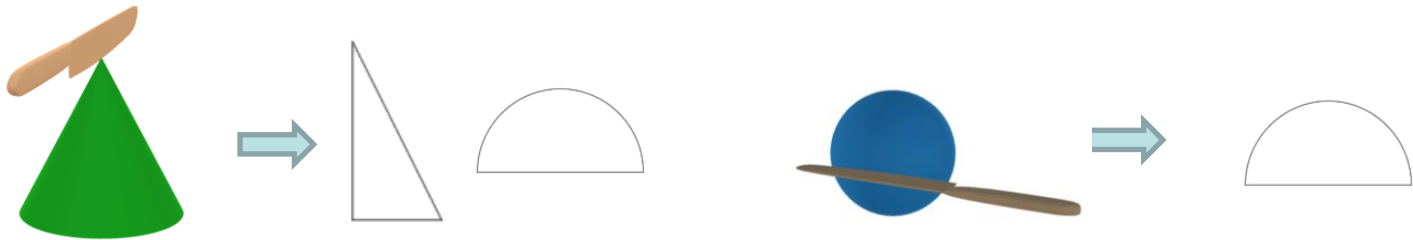
Coupe oblique du cube



Premiers résultats :

Autres observations au niveau des résultats :

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



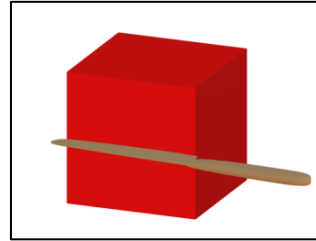
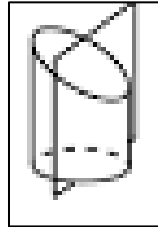
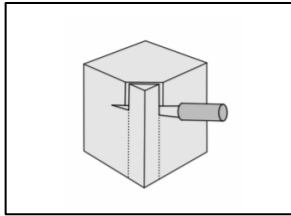
- Pour les empreintes ou les coupes : pas de prise en compte de la perspective (surtout avec les représentations 2D)



Discussion :

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 (8-12 ans)
- Varier les modalités de représentations fournies
- ...

Discussion :

Importance de mener une réflexion sur le matériel utilisé lors de l'évaluation des habiletés spatiales des enfants/adolescents surtout en 3D

➔ Celui-ci peut impacter les performances et venir biaiser l'évaluation des habiletés investiguées (ex. les évaluations avec représentations 2D)

(Hawes et al., 2015)

L'expérimentation peut permettre d'identifier si les environnements virtuels constituent une alternative

➔ Apports divers inhérents au caractère numérique de l'épreuve (cohérence dans l'administration et la cotation, précision dans l'administration des stimuli, amélioration de l'implication et de l'engagement des sujets...)

(Bauer et al., 2012 ; Cerrato & Ponticorvo, 2017)

➔ Mais pour autant optimal et est-ce équivalent à des épreuves avec matériel tangible ?

L'expérimentation peut mener également à une réflexion sur l'enseignement-apprentissage de la géométrie 3D

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.
- Baldy, R., Devichi, C., Aubert, F., Munier, V., Merle, H., Dusseau, J. & Favrat, J. (2005). Développement cognitif et apprentissages scolaires : l'exemple de l'acquisition du concept d'angle. *Revue française de pédagogie*, 152, 49-61.
- 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>
- Beauset, 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 RIPSYDEVE, Montpellier.
- Beauset, 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.
- David, L.T. & Clinciu, A.I. (2009). Psychological measures of spatial abilities. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov*, 2(51), 93-98.
- Camou, B. J. (2012). *High school students' learning of 3D geometry using iMAT (integrating Multityperesentations, Approximations and Technology) engineering* (thèse de doctorat). University of Georgia.
- Cerrato, A., & Ponticorvo, M. (2017). Enhancing Neuropsychological Testing with Gamification and Tangible Interfaces: The Baking Tray Task. In J. M. Ferrández Vicente, J. R. ÁlvarezSánchez, F. de la Paz López, J. Toledo Moreo, & H. Adeli (Éds.), *Biomedical Applications Based on Natural and Artificial Computing* (p. 147-156). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59773-7_16
- 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.

- 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
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.423-4) *Informatiques*, 43, 171–181.
- 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>
- Putri, A.H. (2017). Pengaruh Kemampuan Spasial Terhadap Kemampuan Geometri Pada Peserta Didik Kelas VII SMP Swasta Di Kecamatan Kebomas Gresik. *Jurnal Pemikiran Pendidikan*, 23(2), 114-121.
- 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.
- Resnick, I., Newcombe, N. S., & Jordan, N. C. (2019). The relation between spatial reasoning and mathematics achievement in children with mathematics 36). Springer.

- 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.
- Rose, D., & Foreman, N. (1999). Virtual reality. *Psychologist*, 12(11), 550-554.
- 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.
- 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
- Vivian, R., Bertolo, D., & Dinet, J. (2014). Interactions tactiles sur tablettes pour l'apprentissage de la géométrie dans l'espace : présentation et premières évaluations. *Revue des Interactions Humaines Médiatisées*, 15(1), 51-90.
- 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.

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



[ACCUEIL](#) [RECHERCHES](#) [OUTILS](#) [FORMATIONS](#) [FIL D'ACTUALITÉ](#) [PRESSE](#) [NOTRE ÉQUIPE](#)

EDUSA coorganisateur de l'ADMEE !

Le 34^{ème} colloque de l'ADMEE est organisé à Mons ce 3, 4 et 5 avril 2023. Nous participons à son organisation et aurons aussi l'occasion d'y organiser des symposiums et d'intervenir dans diverses communications.



Nos recherches



romain.beuset@umons.ac.be