

Evaluer la rotation mentale à l'aide du matériel tangible : une alternative aux épreuves papier-crayon traditionnelles pour les élèves de 8 à 12 ans ?

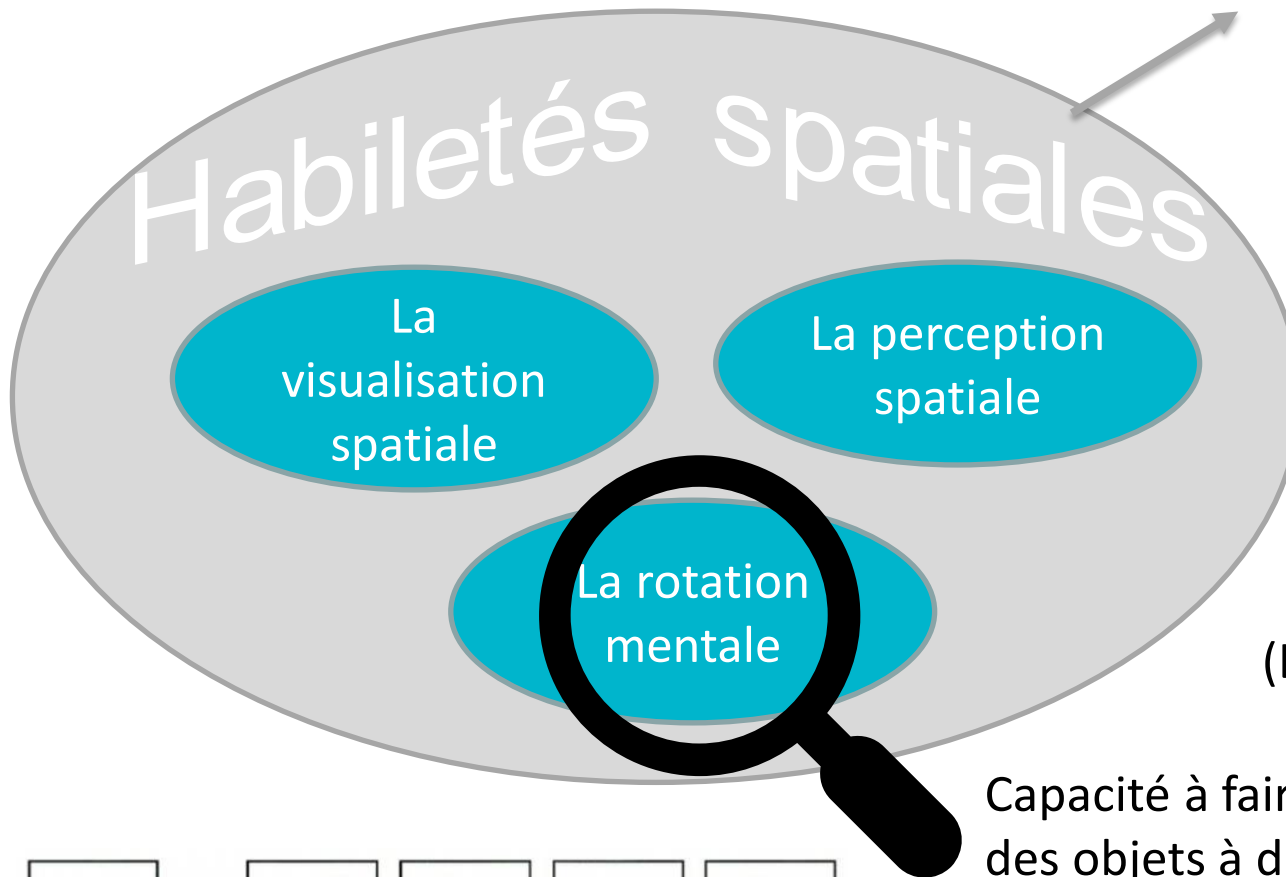
Romain Beuset (Aspirant FRS-FNRS)
Natacha Duroisin (Professeur)

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



Objet d'étude :

L'évaluation des habiletés spatiales chez les enfants et adolescents

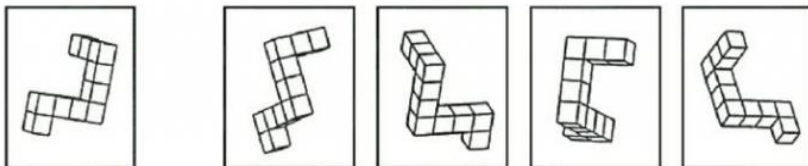


Processus cognitifs se rapportant à la manière dont on apprend un environnement et les relations qu'entretiennent les objets de cet environnement.

(Darken & Sibert, 1996)

(Linn & Pertersen 1985)

Capacité à faire tourner mentalement des objets à deux ou trois dimensions dans les différentes directions
(Shepard & Metzler, 1971)



Pourquoi évaluer la rotation mentale chez les enfants/adolescents ?

➤ L'habileté est liée à la réussite dans de nombreux domaines académiques et professionnels comme par exemple les mathématiques (ex. Casey et al., 1995 ; Rodán et al., 2016 ; Mix et al., 2016 ; Fernández-Méndez et al., 2020)

➤ L'habileté intervient lors de la réalisation de nombreuses tâches du quotidien (ex. Mu et al., 2016)

➔ Evaluer l'habileté peut aider à la compréhension de certaines difficultés

➤ Dans notre contexte, focus sur la rotation mentale en vue d'évaluer la corrélation avec d'autres habiletés spatiales ➔ variable permettant de mieux comprendre la capacité de perception de la 3D et de visualisation spatiale

Comment est évaluée la rotation mentale ?

L'évaluation de cette habileté semble possible dès 5 ans en utilisant des stimuli adaptés (Jansen et al., 2013), voire même avant 5 ans (Marmor, 1977)

Epreuves papier-crayon (parfois numérisées)

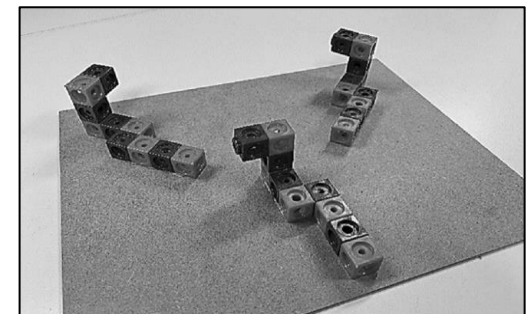
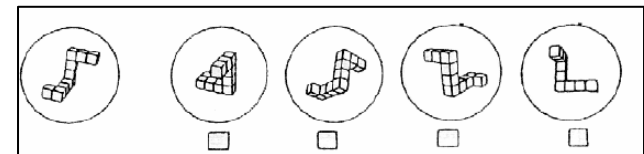
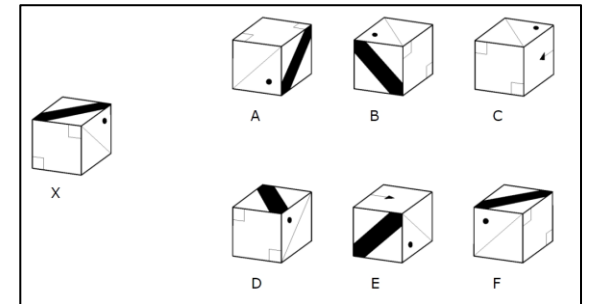
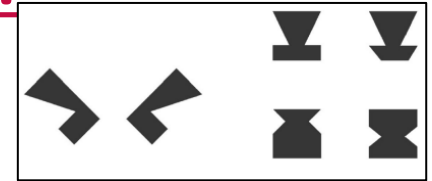
De nombreuses épreuves

Ex : Vandenberg et Kuse (1978), Levine et al. (1999), Shepard et Metzler (1975),...

Epreuves avec matériel tangible

Plusieurs études ont investigué l'évaluation avec matériel tangible : McWilliams et al. (1997), Felix et al. (2010), Robert et Chevrier (2003), Rahe et Quaiser-Pohl (2022) ...

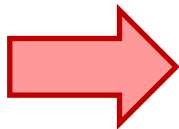
→ majoritairement pour adultes



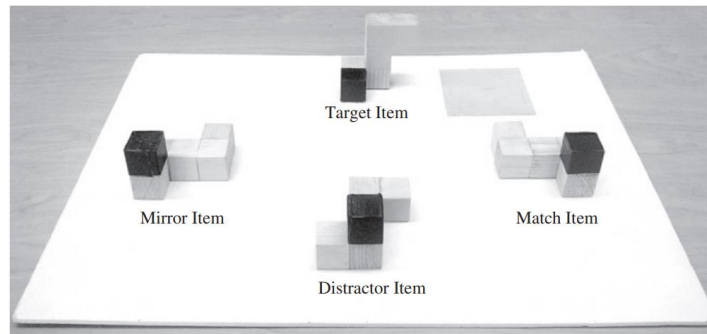
Quelle épreuve choisie ?

Éléments de contexte

- **Souhait de se focaliser sur des rotations en profondeur d'objets géométriques en 3D**
 - Travail avec des enfants de 6 à 12 ans (voir même plus)
 - Existence de difficultés à percevoir la 3D à partir de représentations 2D (Pittalis & Christou, 2013 ; Beauset & Duroisin, 2023)
- ➔ Limites aux épreuves papiers-crayon et informatisées (Rahe & Quaiser-Pohl, 2022; ...)



Epreuve de la 3D-MRBT (Hawes et al., 2015)

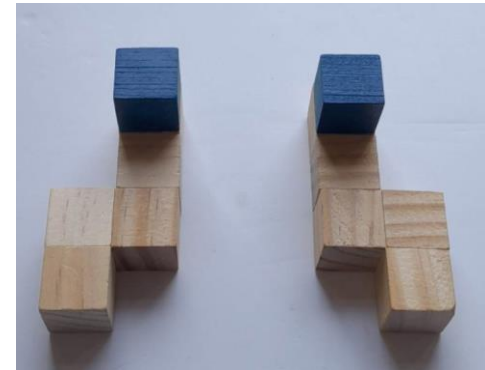
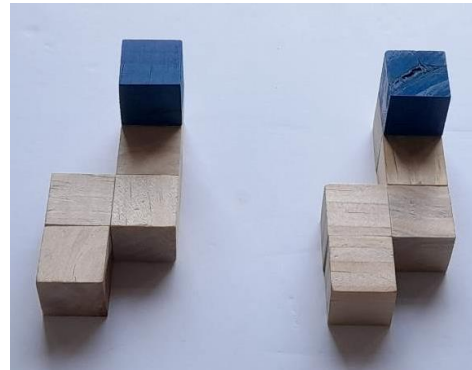
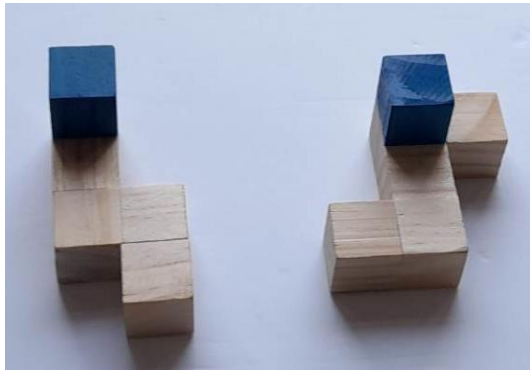


- ✓ Rotations en profondeur
- ✓ Construite pour les enfants de 4-8 ans

L'épreuve de la 3D-MRBT est-elle adaptée aux enfants de 8 à 12 ans ?

Descriptif de la 3D-MRBT

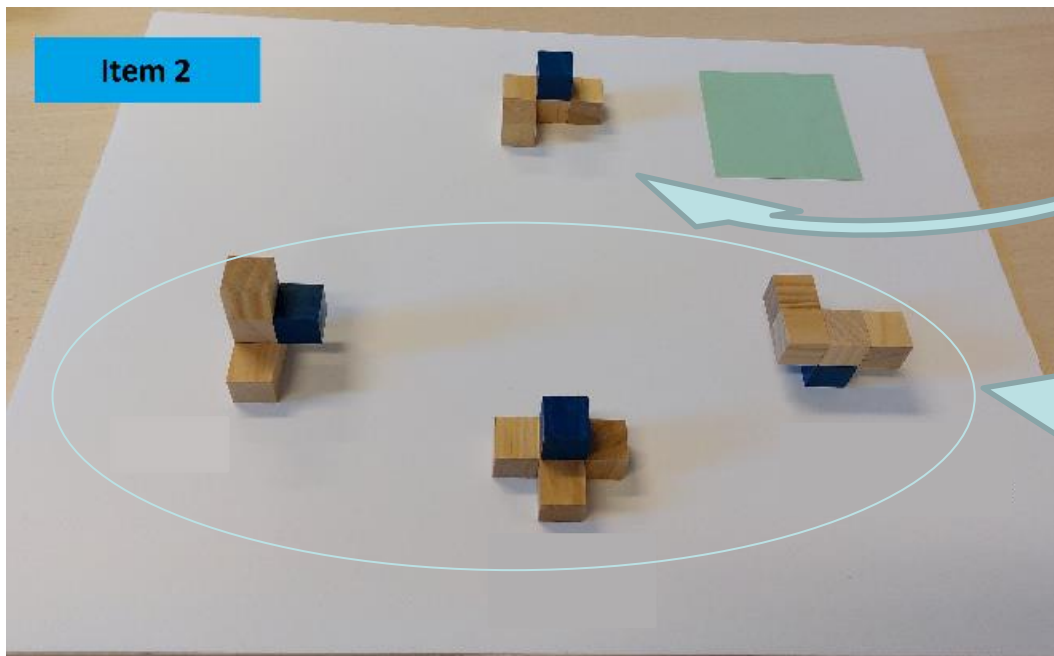
- ✓ Test pensé initialement pour les 4-8 ans
- ✓ Environ 15 minutes
- ✓ Vérification du vocabulaire « identique » + 1 item d'essai + 16 items



L'épreuve de la 3D-MRBT est-elle adaptée aux enfants de 8 à 12 ans ?

Descriptif de la 3D-MRBT

- ✓ Test pensé initialement pour les 4-8 ans
- ✓ Environ 15 minutes
- ✓ Vérification du vocabulaire « identique » + 1 item d'essai + 16 items



1 modèle et 3 propositions

Cible

Miroir

Distracteur

-L'élève doit montrer la proposition identique au modèle.

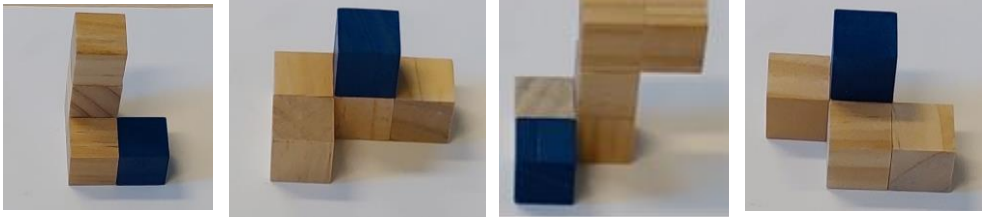
-Lorsqu'il choisit une proposition, il doit s'autocorriger en plaçant la proposition dans le carré vert dans la même position que le modèle

-S'il s'est trompé, il peut donner une autre réponse

L'épreuve de la 3D-MRBT est-elle adaptée aux enfants de 8 à 12 ans ?

Descriptif de la 3D-MRBT

- ✓ Test pensé initialement pour les 4-8 ans
- ✓ Environ 15 minutes
- ✓ Vérification du vocabulaire « identique » + 1 item d'essai + 16 items



-Différents modèles (4)

L'épreuve de la 3D-MRBT est-elle adaptée aux enfants de 8 à 12 ans ?

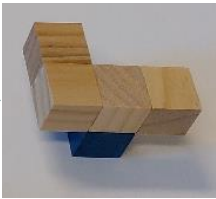
Descriptif de la 3D-MRBT

- ✓ Test pensé initialement pour les 4-8 ans
- ✓ Environ 15 minutes
- ✓ Vérification du vocabulaire « identique » + 1 item d'essai + 16 items



Vertical

- Différents modèles (4)
- Différents types de rotation (Axe)
Vertical / Horizontal / Vertical et horizontal



Horizontal



Vertical et horizontal

L'épreuve de la 3D-MRBT est-elle adaptée aux enfants de 8 à 12 ans ?

Descriptif de la 3D-MRBT

- ✓ Test pensé initialement pour les 4-8 ans
- ✓ Environ 15 minutes
- ✓ Vérification du vocabulaire « identique » + 1 item d'essai + 16 items



-Différents modèles (4)


-Différents types de rotation (Axe)
Vertical / Horizontal / Vertical et horizontal

-Différentes angles et sens de rotation

Item #	Item type (modèle)	Type de rotation	Rotation requise (angle et sens)	Angle total de rotation
1	A	V	45° horloger	45°
2	B	H	180° avant ou arrière	180°
3	A	V/H	90° arrière, 90° horloger	180°
4	B	V	90° horloger	90°
5	A	H	90° gauche	90°
6	B	V/H	90° gauche, 90° antihorloger	180°
7	C	V	135° horloger	135°
8	D	H	90° avant	90°
9	C	V/H	90° arrière, 45° horloger	135°
10	D	V	135° horloger	135°
11	C	H	90° arrière	90°
12	D	V/H	90° arrière, 135° horloger	225°
13	A	V	180° horloger/antihorloger	180°
14	B	H	90° gauche	90°
15	C	V/H	90° arrière, 90° antihorloger	180°
16	D	H	90° arrière	90°

L'épreuve de la 3D-MRBT est-elle adaptée aux enfants de 8 à 12 ans ?

Descriptif de la 3D-MRBT

- ✓ Test pensé initialement pour les 4-8 ans
 - ✓ Environ 15 minutes
 - ✓ Vérification du vocabulaire « identique » + 1 item d'essai + 16 items
 - ✓ Correction :
 - Score sur base du premier choix uniquement
 - L'item d'essai n'est pas pris en compte.
 - 1 point est attribué par item correct → Une note sur 16 est obtenue.
-  -Mesure du temps → temps moyen pour les items réussis

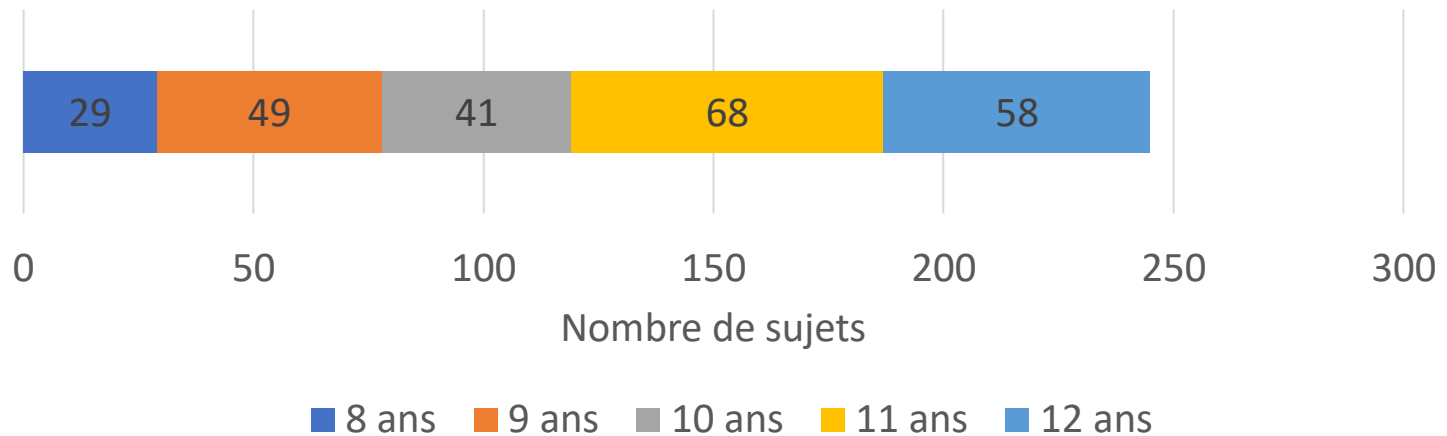
Echantillon :

Echantillon souhaité : N = 300 (+-60 par âge)

Expérimentation en cours !

Echantillon actuel : N = 245

Répartition de l'échantillon par âge

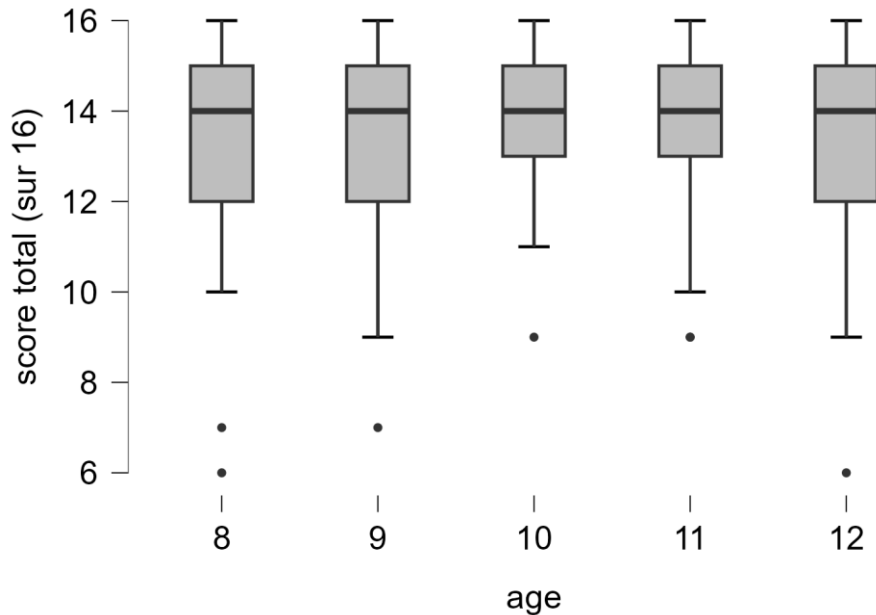


Echantillon tout-venant provenant d'écoles d'enseignement primaire et secondaire de FWB

Résultats :

Au niveau des scores sur 16

Âge	N	Moyenne (sur 16)	Médiane	Ecart-type	Min.	Max.	Nombre d'élèves ayant atteint le max.
8 ans	29	13.172	14	2.592	6	16	6
9 ans	49	13.612	14	2.139	7	16	8
10 ans	41	14.000	14	1.549	9	16	5
11 ans	68	13.588	14	1.764	9	16	7
12 ans	58	13.655	14	2.173	6	16	11

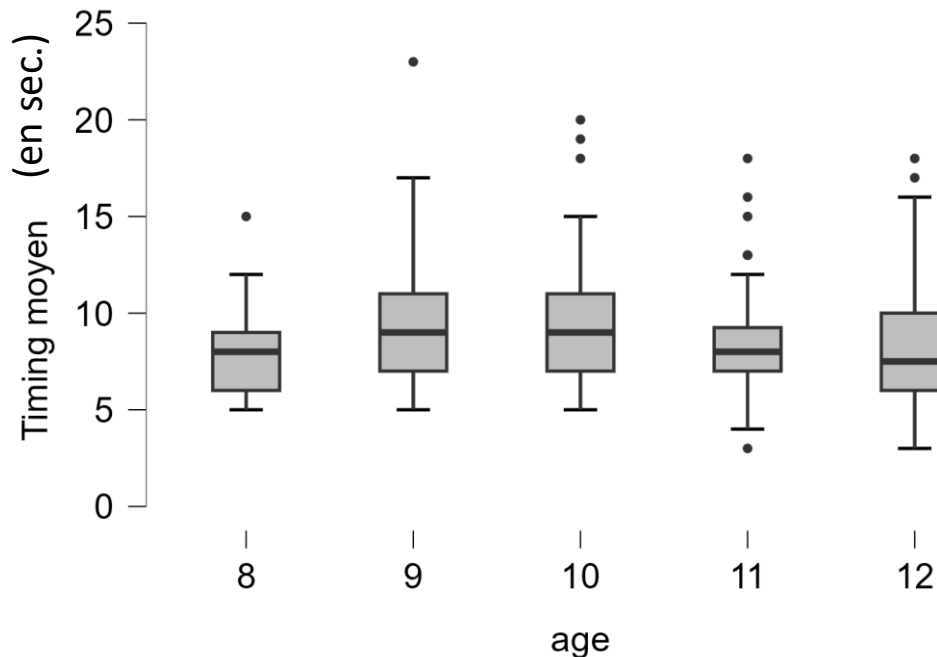


Pas de corrélation entre âge et score moyen
Pas de différences significatives entre les catégories d'âge

Résultats :

Au niveau des temps moyens pour l'ensemble des items réussis

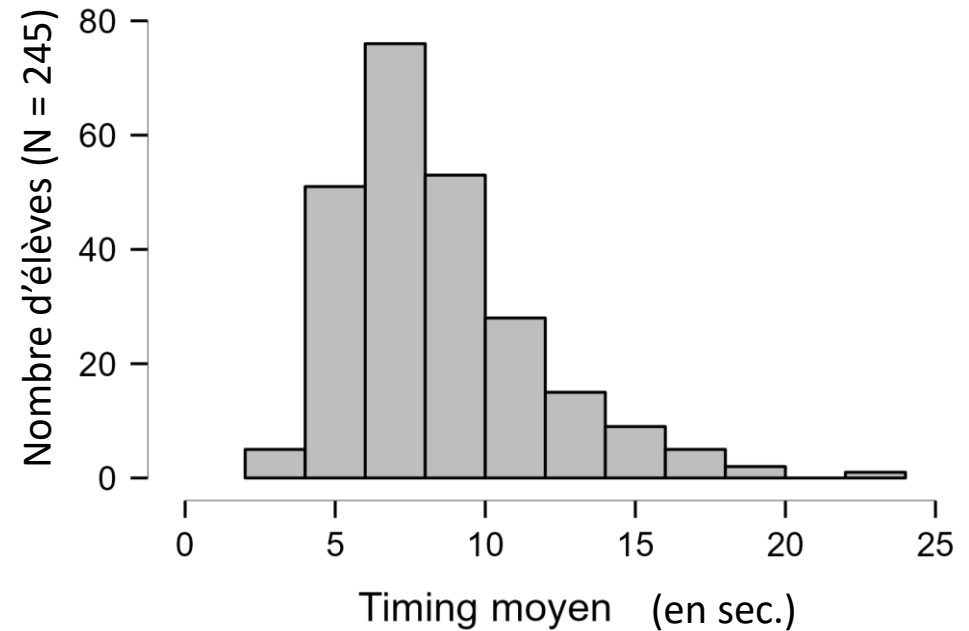
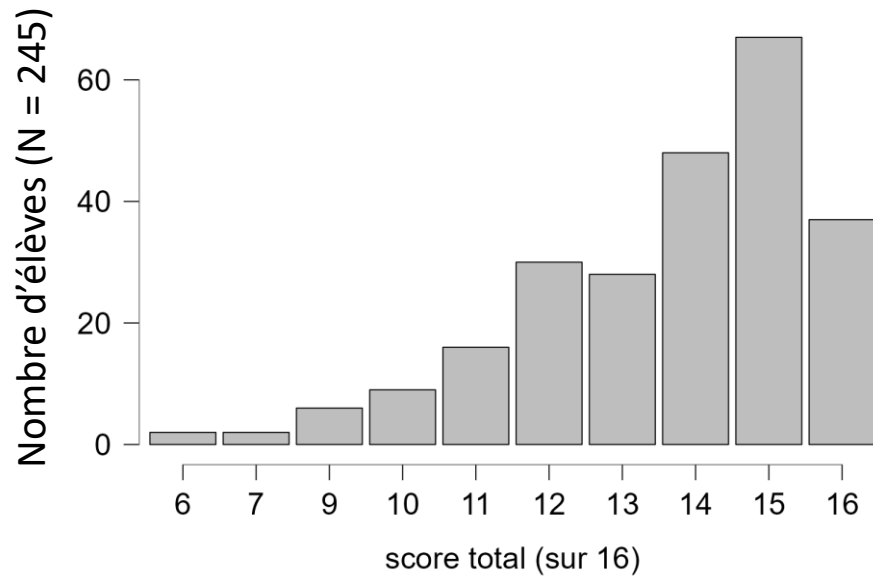
Âge	N	Temps moyen (en seconde)	Ecart-type	Temps min. (en sec.)	Temps max. (en sec.)
8 ans	29	8,310	2,466	5	15
9 ans	49	9,510	3,392	5	23
10 ans	41	9,780	3,732	5	20
11 ans	68	8,456	2,701	3	18
12 ans	58	8,533	3,460	3	18



Pas de corrélation entre âge et temps moyen
Pas de différences significatives entre les catégories d'âge

Résultats :

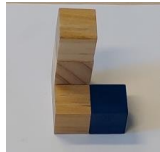
Répartition des scores et temps



Pas de corrélation entre le score moyen et le temps moyen (0,078)

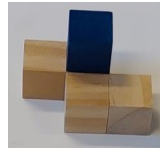
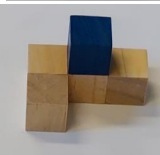
Résultats :

Score selon les types d'items (N = 245)



Type de modèle	Moyenne (sur 4)	Ecart-type
A	3,114	0,861
B	3,714	0,565
C	3,567	0,702
D	3,233	0,886

P-value Wilcoxon	A	B	C	D
A	/	<0,001	<0,001	0,084
B	/	/	0,004	<0,001
C	/	/	/	<0,001
D	/	/	/	/

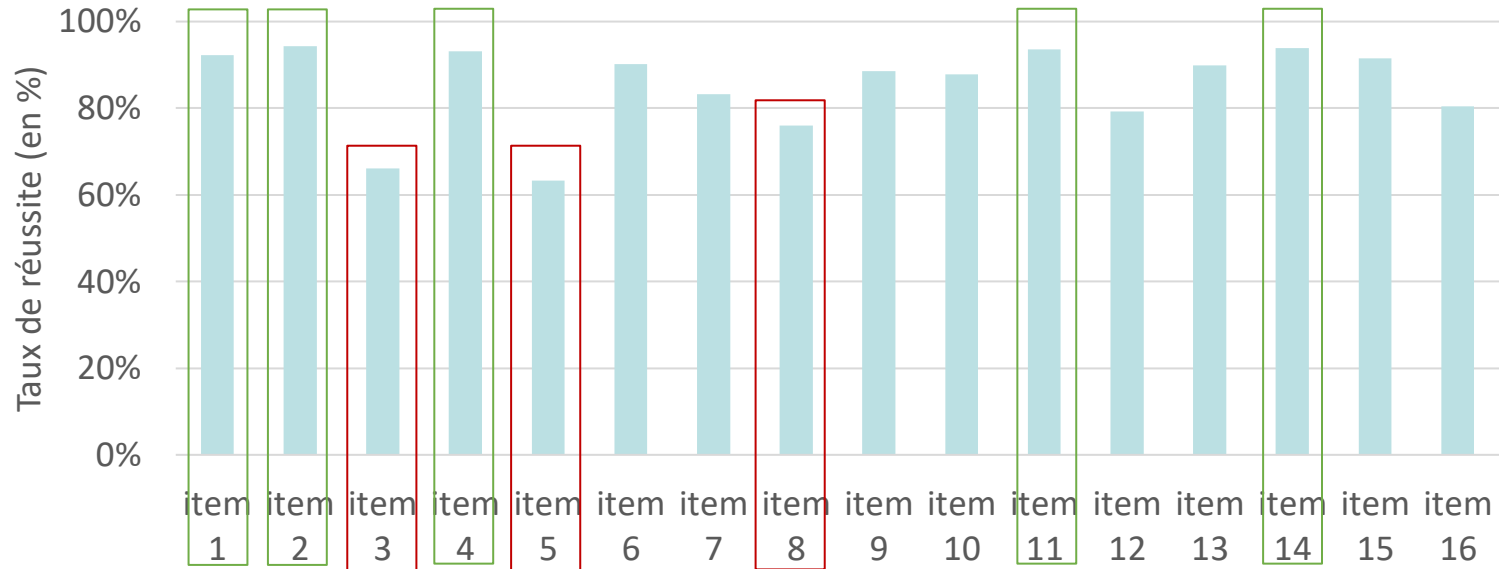


Type de rotation	Moyenne (en %)	Ecart-type
V (sur 5)	89,22	0,802
H (sur 6)	83,5	0,998
V/H (sur 5)	83,1	0,958

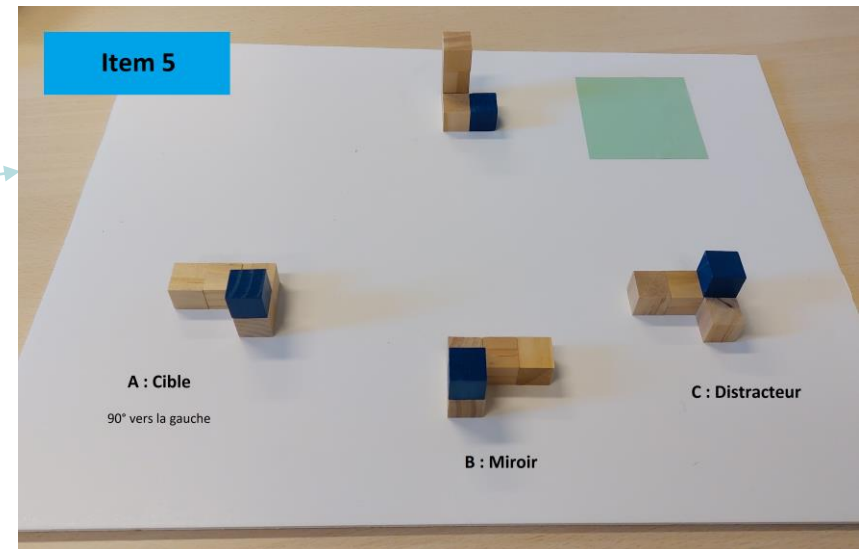
P-value Wilcoxon	V	H	V/H
V	/	<0,001	<0,001
H	/	/	<0,001
V/H	/	/	/

Réussite par item

Taux de réussite par item (N =245)

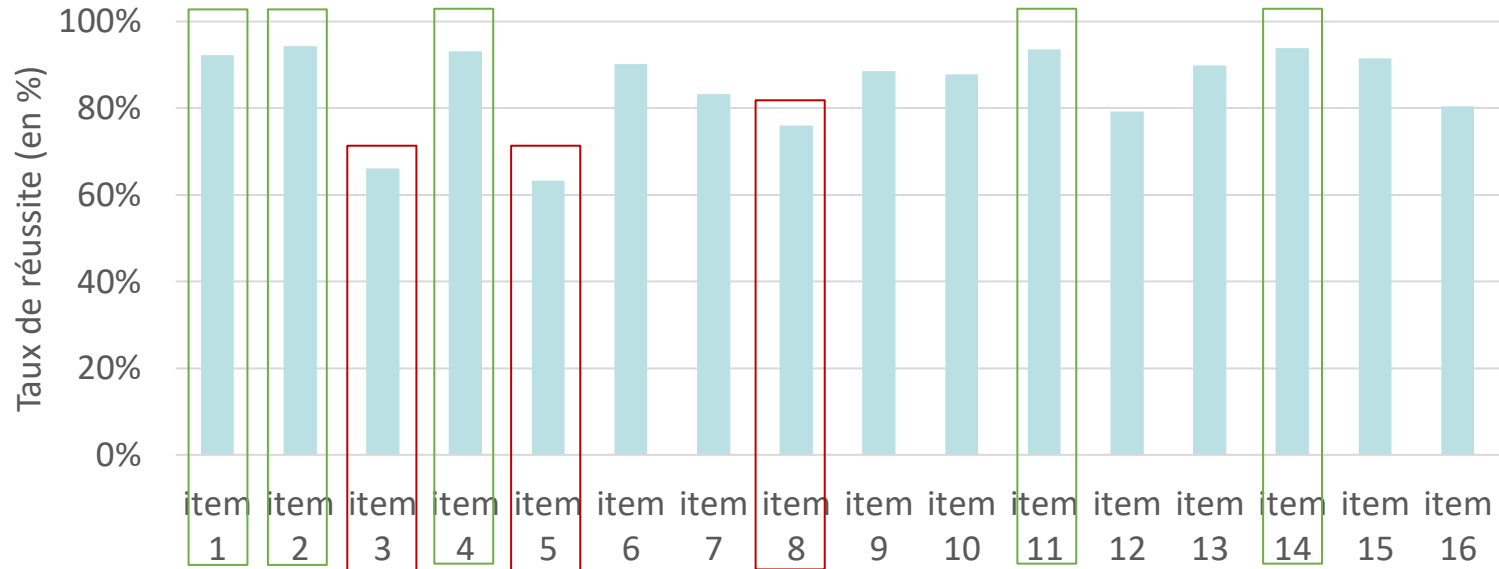


Item #	Item type (modèle)	Type de rotation	Rotation requise (angle et sens)	Angle total de rotation
1	A	V	45° horloger	45°
2	B	H	180° avant ou arrière	180°
3	A	V/H	90° arrière, 90° horloger	180°
4	B	V	90° horloger	90°
5	A	H	90° gauche	90°
6	B	V/H	90° gauche, 90° antihorloger	180°
7	C	V	135° horloger	135°
8	D	H	90° avant	90°
9	C	V/H	90° arrière, 45° horloger	135°
10	D	V	135° horloger	135°
11	C	H	90° arrière	90°
12	D	V/H	90° arrière, 135° horloger	225°
13	A	V	180° horloger/antihorloger	180°
14	B	H	90° gauche	90°
15	C	V/H	90° arrière, 90° antihorloger	180°
16	D	H	90° arrière	90°

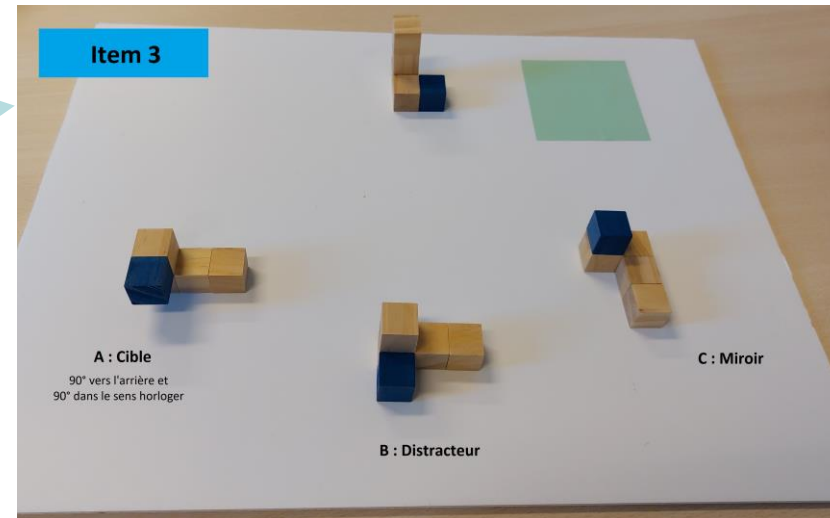


Réussite par item

Taux de réussite par item (N =245)

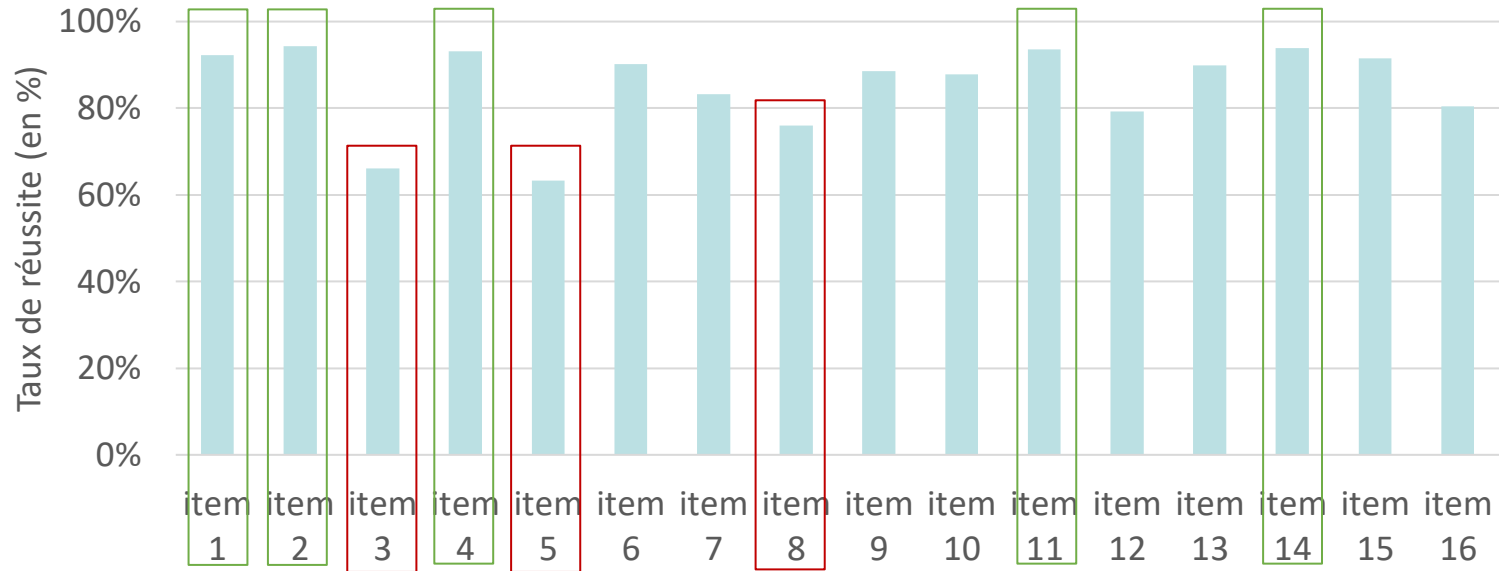


Item #	Item type (modèle)	Type de rotation	Rotation requise (angle et sens)	Angle total de rotation
1	A	V	45° horloger	45°
2	B	H	180° avant ou arrière	180°
3	A	V/H	90° arrière, 90° horloger	180°
4	B	V	90° horloger	90°
5	A	H	90° gauche	90°
6	B	V/H	90° gauche, 90° antihorloger	180°
7	C	V	135° horloger	135°
8	D	H	90° avant	90°
9	C	V/H	90° arrière, 45° horloger	135°
10	D	V	135° horloger	135°
11	C	H	90° arrière	90°
12	D	V/H	90° arrière, 135° horloger	225°
13	A	V	180° horloger/antihorloger	180°
14	B	H	90° gauche	90°
15	C	V/H	90° arrière, 90° antihorloger	180°
16	D	H	90° arrière	90°

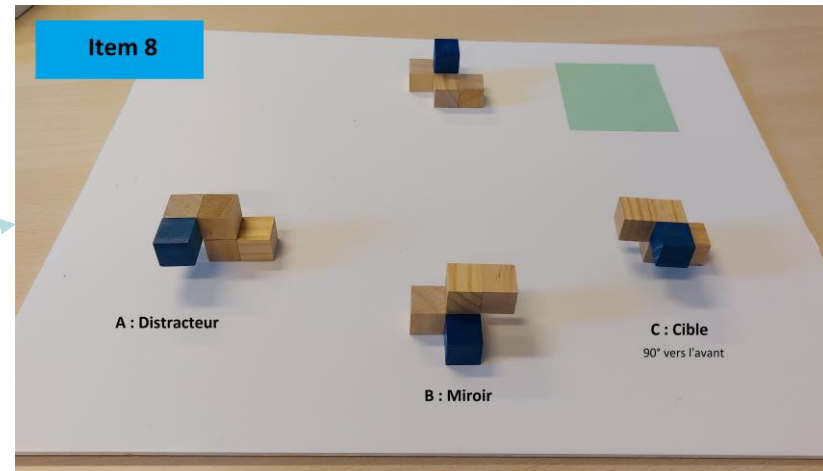


Réussite par item

Taux de réussite par item (N =245)



Item #	Item type (modèle)	Type de rotation	Rotation requise (angle et sens)	Angle total de rotation
1	A	V	45° horloger	45°
2	B	H	180° avant ou arrière	180°
3	A	V/H	90° arrière, 90° horloger	180°
4	B	V	90° horloger	90°
5	A	H	90° gauche	90°
6	B	V/H	90° gauche, 90° antihorloger	180°
7	C	V	135° horloger	135°
8	D	H	90° avant	90°
9	C	V/H	90° arrière, 45° horloger	135°
10	D	V	135° horloger	135°
11	C	H	90° arrière	90°
12	D	V/H	90° arrière, 135° horloger	225°
13	A	V	180° horloger/antihorloger	180°
14	B	H	90° gauche	90°
15	C	V/H	90° arrière, 90° antihorloger	180°
16	D	H	90° arrière	90°



Discussion des résultats :

- Les élèves arrivent à faire preuve de rotation mentale en profondeur à cet âge-là !
 - ➔ Cohérence avec des preuves empiriques (ex. Quaiser-Pohl et al., 2010; Jansen et al., 2013)
 - ➔ Incohérence avec la difficulté observée chez les 7-10 ans à faire preuve de rotation mentale sur des objets 3D (Hoyek et al., 2012; Ruthsatz et al., 2017)
- Le score à l'épreuve 3D-MRBT et le temps moyen de réponse ne semblent plus évoluer après 8 ans même si Hawes et al. (2015) ont identifié qu'il évoluait de 4 à 8 ans
- Décalage avec le score moyen obtenu par les élèves de 7-8 ans dans l'expérimentation d'Hawes et al. (2015) $\simeq 9,5/16$
- Au niveau des scores (notes sur 16), le test permet d'identifier certaines élèves ayant des difficultés à faire preuve de rotation mentale mais de nombreux élèves obtiennent le score maximal (ou presque) et le test ne permet pas de les discriminer
- L'analyse des temps de réponse permet tout de même de discriminer les élèves

Discussion des résultats :

Forces relatives à l'épreuve

- Rotation en perspective et pas uniquement dans le plan
- Permet d'éviter certaines limites relatives aux épreuves papier-crayon
Rahe et Quaiser-Pohl (2022)
- ...

Limites relatives à l'épreuve

- Peu discriminante
- D'autres processus cognitifs entrent en jeu dans l'épreuve : l'inhibition
-

Prolongements

- Adapter l'épreuve et la complexifier en vue de discriminer davantage les élèves : prise d'appui sur les items les plus discriminants pour repenser le test
- ...

Bibliographie :

- 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.
- Casey, B., Nuttall, R. L., Pezaris, E., & Benbow, C. P. (1995). The influence of spatial ability on gender differences in mathematics college entrance test scores across diverse samples. *Developmental Psychology*, 31, 697-705.
- Darken, R. & Sibert, J. (1996). Navigating Large Virtual Spaces. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 8(1), 49-72.
- Felix, M. C., Parker, J. D., Lee, C., & Gabriel, K. I. (2011). Real threedimensional objects: Effects on mental rotation. *Perceptual and Motor Skills*, 113(1), 38–50
- Fernández-Méndez, L., Contreras M., Mammarella, I., Feraco, T., & Meneghetti, C. (2020). Mathematical achievement: the role of spatial and motor skills in 6–8 year-old children. *PeerJ*, 8:e10095 <https://doi.org/10.7717/peerj.10095>
- 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
- Hoyek, N., Collet, C., Fargier, P., & Guillot, A. (2012). The use of the Vandenberg and Kuse Mental Rotation Test in children. *Journal of Individual Differences*, 33(1), 62–67. <https://doi.org/10.1027/1614-0001/a000063>
- Jansen, P., Schmelter, A., Quaiser-Pohl, C., Neuburger, S., & Heil, M. (2013). Mental rotation performance in primary school age children: Are there gender differences in chronometric tests? *Cognitive Development*, 28(1), 51-62.
- Levine, S. C., Huttenlocher, J., Taylor, A., & Langrock, A. (1999). Early sex differences in spatial skill. *Developmental Psychology*, 35, 940–949. doi:10.1037/0012-1649.35.4.940
- Linn, M.C. & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: a metaanalysis. *Child Development*, 56, 1479-1498.
- Marmor, G. S. (1977). Mental rotation and number conservation: Are they related? *Developmental Psychology*, 13(4), 320–325. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.13.4.320>

Bibliographie :

- McWilliams, W., Hamilton, C. J., & Muncer, S. J. (1997) On mental rotation in three dimensions. *Perceptual and Motor Skills*, 85, 297-298
- 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.
- Mu, X., Tian, Y., Wang, C., Guo, J., & Huang, S. (2016). Development of Computerized Tests for the Evaluation of Human Three-Dimensional Spatial Ability. In S. Long and B.S. Dhillon (eds.), *Man-Machine-Environment System Engineering* (pp. 169-177).
- Pittalis, M., & Christou, C. (2013). Coding and decoding representations of 3D shapes. *The Journal of Mathematical Behavior*, 32(3), 673–689.
- Quaiser-Pohl, C., Rohe, A. M., & Amberger, T. (2010). The solution strategy as an indicator of the developmental stage of preschool children's mental-rotation ability. *Journal of Individual Differences*, 31(2), 95–100.
<https://doi.org/10.1027/1614-0001/a000017>
- 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
- Robert, M., & Chevrier, E. (2003) Does men's advantage in mental rotation persist when real three-dimensional objects are either felt or seen? *Memory & Cognition*, 31, 1136-1145
- Rodán, A., Contreras, M.J., Elosúa, R., & Gimeno, P. (2016). Experimental But Not Sex Differences of a Mental Rotation Training Program on Adolescents. *Frontiers in Psychology*, 7, Article 1050. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01050.
- Ruthsatz, V., Neuburger, S., Jansen, P., & Quaiser-Pohl, C. (2014). Pellet figures, the feminine answer to cube figures? Influence of stimulus features and rotational axis on the mental-rotation performance of fourth-grade boys and girls. In C. Freksa, B. Nebel, M. Hegarty, & T. Barkowsky (Eds.), *International Conference on Spatial Cognition* (pp. 370–382). Cham: Springer.
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of three-dimensional objects. *Science*, 171, 701–703.
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations. A group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599–604.

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