



UNIVERSITÉ
DE GENÈVE

FACULTÉ DE PSYCHOLOGIE
ET DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

*Journées romandes des formateurs en
didactique des mathématiques*
Rolle, 21 janvier 2015

Comment aider les enfants de 5-6 ans à connaître les figures géométriques planes ?

Un point de vue des sciences cognitives

Pr. Edouard Gentaz

Laboratoire de Psychologie du Développement
Sensori-Moteur, Affectif et Social
Université de Genève et CNRS

<http://www.unige.ch/fapse/sensori-moteur/index.html>

Mél: Edouard.Gentaz@unige.ch

Sommaire

- I. Les sciences cognitives (SC)
- II. Les apprentissages
- III. Apports des méthodes multisensorielles dans les apprentissages scolaires
- IV. Apprendre à reconnaître les figures géométriques élémentaires
- V. Approches pédagogique et scientifique de l'éducation : deux visions opposées ?
- VI. Rappel sur les modèles du développement de l'espace

I- Sciences cognitives (SC)

- **Définition:** « [...] une tentative contemporaine, faisant appel à des méthodes empiriques pour répondre à des questions épistémologiques fort anciennes, et plus particulièrement à celles concernant la nature du savoir, ses composantes, ses sources, son développement et son essor » (Gardner, 1993).
- **Origine** (à partir de 1950) : MIT-Harvard avec Bruner/Miller et Genève avec Piaget et Inhelder
- **Ensemble de disciplines** : neurosciences cognitives, psychologie cognitive et affective, IA, linguistique, philosophie, anthropologie, (sciences de l'éducation ? didactique?)

SC: Objectifs

- La compréhension de la nature des connaissances humaines
 - Origine ?
 - Acquisition ?
 - Organisation ?
 - Format ?

- Exemples de quelques grandes questions:
 - Comment percevons-nous notre environnement ?
 - Comment conservons-nous nos expériences ?
 - Comment communiquons-nous ?
 - Comment raisonnons-nous ?

 - **Comment nous développons-nous ?**
 - **Comment apprenons-nous ?**

SC: Méthodes

- Approche classique :
 - L'observation
 - L'étude de différents types de population
 - La méthode expérimentale ; l'administration de la preuve « *toute choses étant égale par ailleurs* » ;
 - * « contraignante » en laboratoire
 - * « **très** contraignante » sur les « terrains »
- Nouveaux outils :
 - Les nouvelles technologies (ex. réalité virtuelle)
 - Les simulations mathématique ou informatique
 - L'imagerie cérébrale fonctionnelle (IRMf)

II. Apprentissages: définitions et formes

1. Définition : deux niveaux

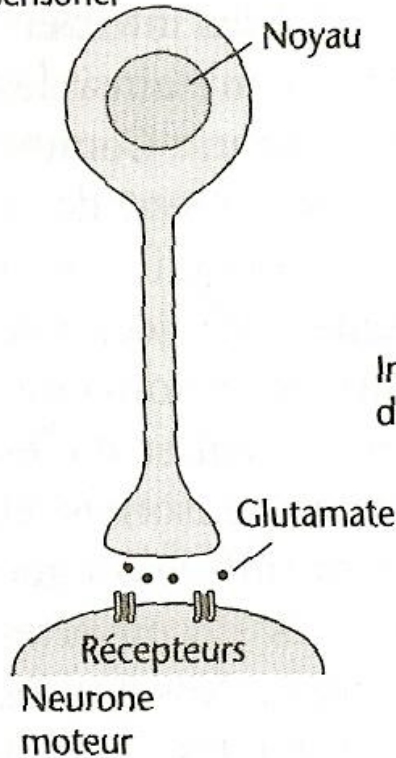
- a) Comportemental : Modification chez un individu de sa capacité à répondre à une situation/tâche sous l'effet des interactions avec son environnement.
- b) Cérébral : modifications neuronales fonctionnelles (synapses renforcées) et anatomiques (nouvelles connexions synaptiques) (cf. Eric Kandel et al.)

2. Hypothèses de travail

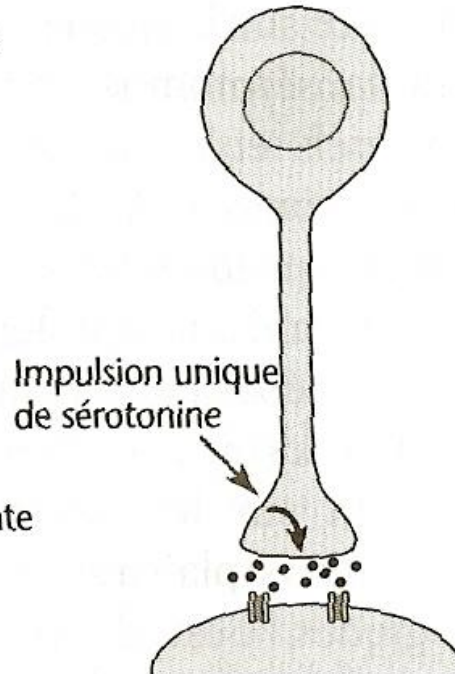
- a) « Pré-cablés » pour apprendre
- b) « Pré-cablés » pour instruire et éduquer
- c) Plusieurs formes disponibles

Apprendre au niveau neuronal

Neurone sensoriel

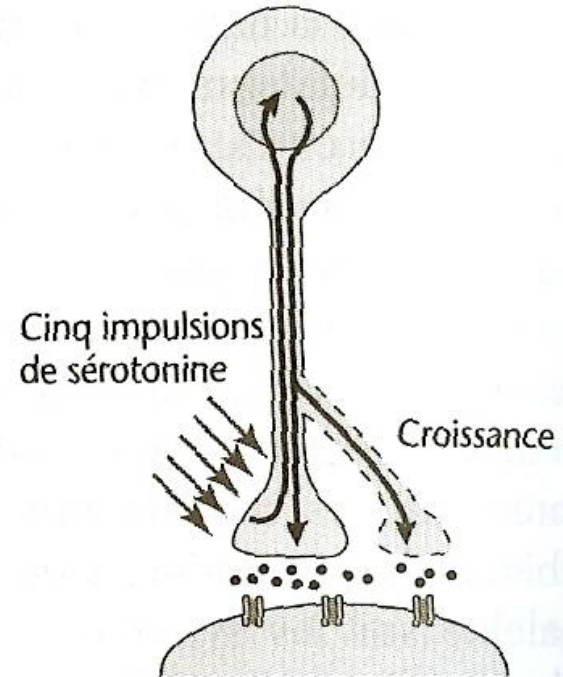


Mémoire à court terme



Modification fonctionnelle : la synapse est renforcée par la libération accrue de glutamate. Le noyau n'est pas impliqué dans ce processus.

Mémoire à long terme



Modification anatomique : la synthèse de protéines dans le noyau et la croissance de nouvelles connexions synaptiques s'accompagnent d'une libération accrue de glutamate.

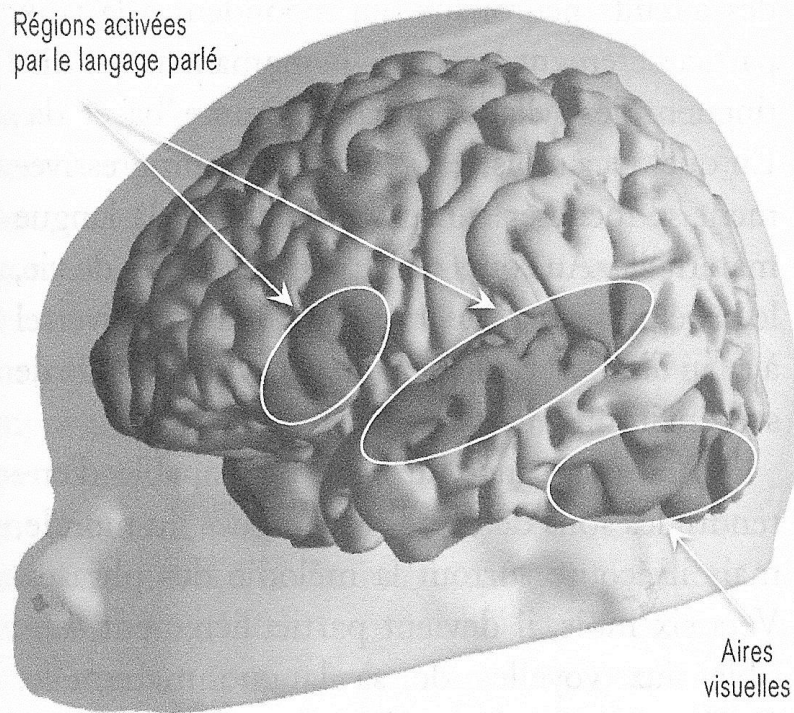


Figure 4. Bien avant d'apprendre à lire, le cerveau du bébé est déjà fortement organisé : les aires du langage parlé fonctionnent dès les premiers mois de vie, tout comme les aires visuelles. Avec l'apprentissage de la lecture, une partie d'entre elles va se spécialiser pour la reconnaissance des graphèmes et des phonèmes.

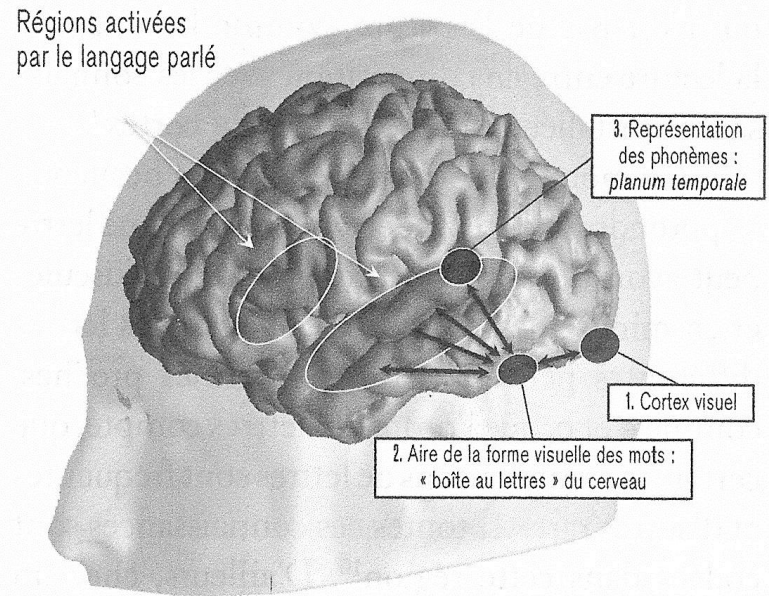


Figure 5. Le cerveau d'une personne alphabétisée diffère de celui d'un illettré en plusieurs points : (1.) le cortex visuel est plus précis ; (2.) la région de la « boîte aux lettres » s'est spécialisée dans la reconnaissance des lettres et des mots écrits et les envoie vers les aires du langage parlé ; (3.) la région du *planum temporale* représente plus finement les phonèmes pertinents.

3. Plusieurs formes d'apprentissage

A) L'habituatation

B) L'apprentissage associatif

C) L'observation et l'imitation

D) L'apprentissage par instruction et médiation : le cas des apprentissages scolaires chez les jeunes enfants

E) L'apport des méthodes multisensorielles dans l'apprentissage de la géométrie et la reconnaissance des figures géométriques élémentaires

A. L'apprentissage par habituation

- Diminution d'une réponse comportementale à la suite d'une présentation répétée d'une stimulation
- Utile pour la vie quotidienne : capacité d'apprendre à ne pas réagir à certains stimuli
- Avec tous les sens (vision, audition, toucher, etc.)
- Chez tous les animaux
- Mécanisme « pré-cablé »
- Méthode pour étudier les capacités cognitives chez les sujets non verbaux

B. L'apprentissage associatif

- Capacité à former un nouveau lien (association) :
 - entre des stimulus et des réponses (essais et erreurs; conditionnement)
et
 - entre deux stimuli (le cas de lecture)

Exemple d'un apprentissage associatif entre stimuli visuels et auditifs chez l'adulte

Stimuli

- 15 stimuli visuels dérivés de l'alphabet japonais « katakana »

キ ヌ ム ヌ ヒ サ モ

- 15 stimuli auditifs non familiers

Fredembach B, de Boisferon AH, Gentaz E (2009) Learning of Arbitrary Association between Visual and Auditory Novel Stimuli in Adults: The “Bond Effect” of Haptic Exploration. PLoS ONE 4(3): e4844.
doi:10.1371/journal.pone.0004844

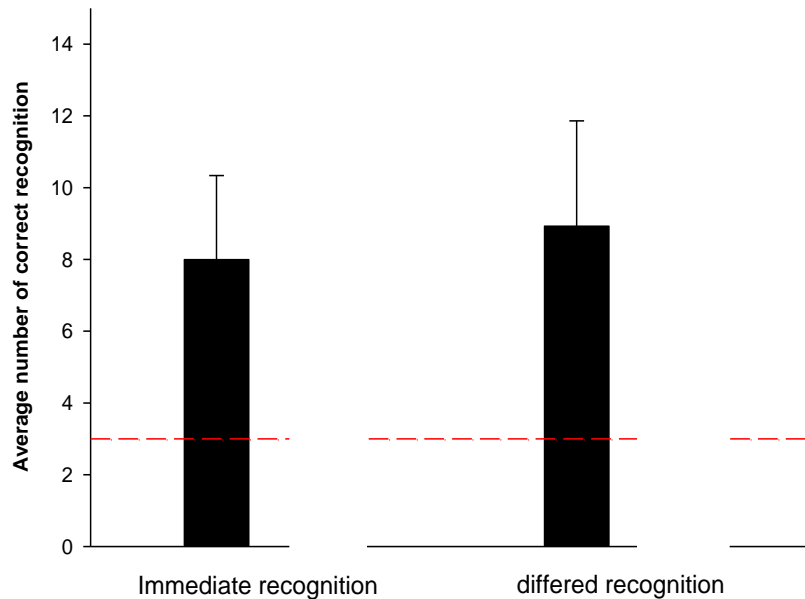
Tâche et tests

- * Apprentissage de 15 associations stimuli visuels- stimuli auditifs en 15 min

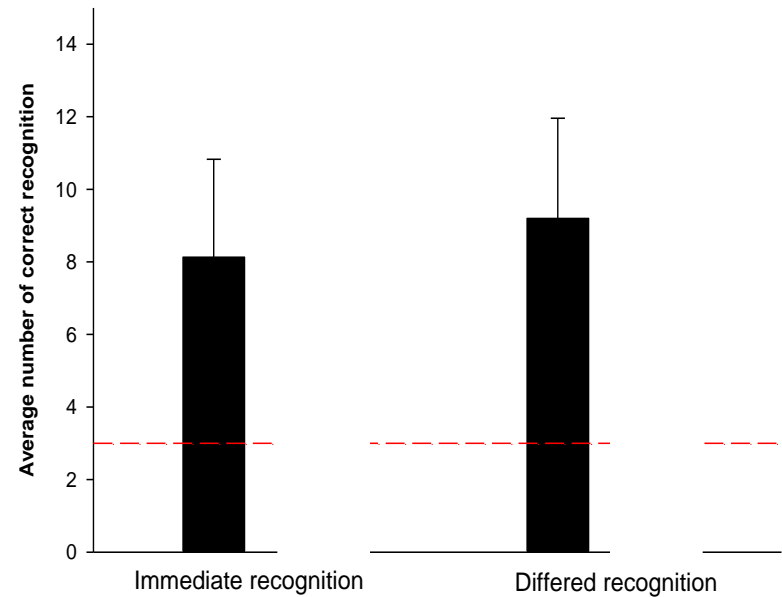
- * Reconnaissance immédiate et différée
 - Reconnaissance intramodale visuelle
 - Reconnaissance intramodale auditive
 - Reconnaissance intermodale visuo-auditive

Résultats : tests intra-modaux

(A) Reconnaissance visuelle

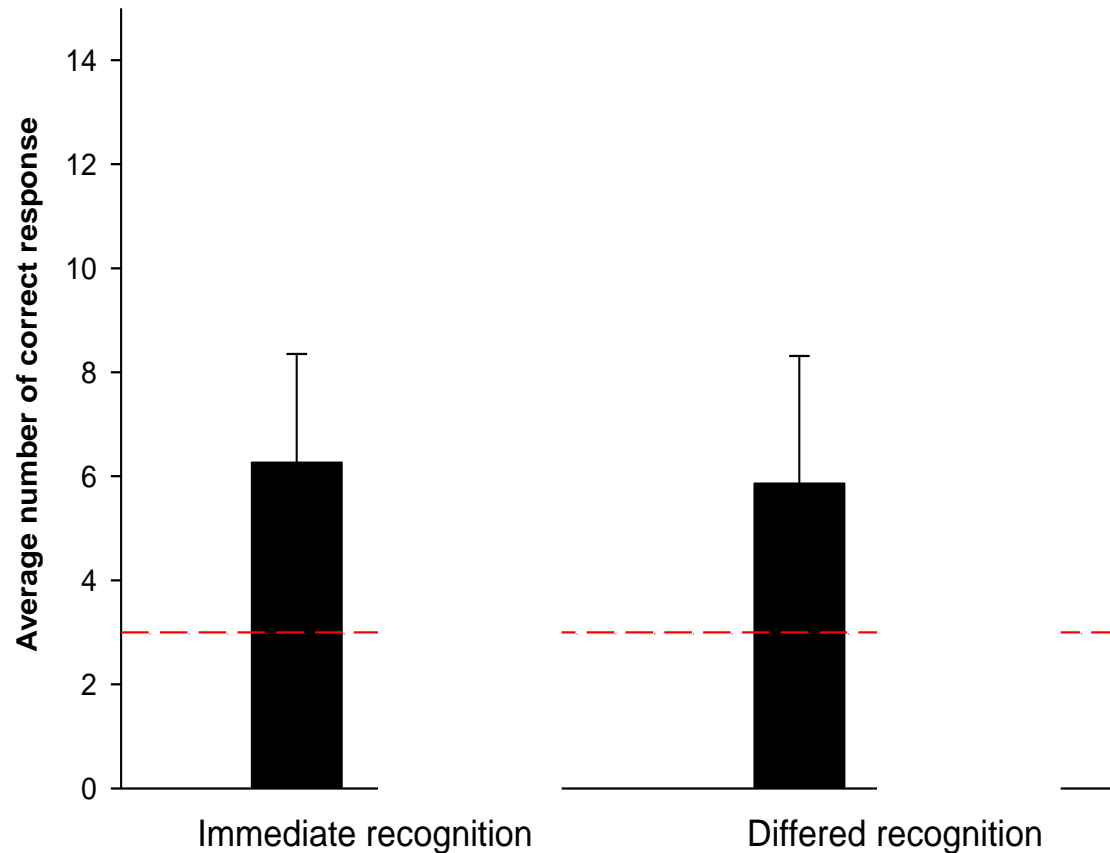


(B) Reconnaissance auditive



Moyenne (et écart-types) des stimuli visuels et stimuli auditifs correctement reconnus (maximum 15) selon le délai

Résultats : test inter-modal visuo-auditif (lecture)



Moyenne (et écart-type) des associations visuo-auditives correctement reconnues mean
(maximum 15) selon le délai

C. L'apprentissage par observation et imitation

- Existence d'une imitation néonatale (Meltzoff & Moore, 1977)
- Requiert des appariements entre le geste modèle (vision) et les actions propres du bébé (proprioception)



Imitation chez les macaques nouveau-nés



Le développement de l'imitation : deux tendances

- Déclin des mouvements comme la protrusion de la langue
- Emergence d'imitations de mouvements sociaux comme :
 - les postures corporelles et leur utilisation dans les situations sociales d'interaction
 - la capacité d'anticipation d'événements sociaux.

- A 14 mois (Meltzoff, 1995):
 - l'enfant reproduit le but et non l'action ratée
 - compréhension de l'intentionnalité du modèle
- A 16-20 mois (Killen et Uzgiris, 1981):
 - l'enfant accepte d'imiter des actions qui utilisent des objets inappropriés comme faire semblant de boire dans une voiture

Ces imitations nécessitent l'accès aux capacités de planification de l'action, d'inhibition, de représentation du but

Imitation et apprentissage social

(Bandura, Ross & Ross 1961)

- Expérience: exposer des jeunes enfants (3 à 6 ans) à des scènes dans lesquelles des adultes se comportaient de manière agressive envers une poupée géante
- Résultats : comportements moteurs
 - Les enfants exposés à l'adulte agressif ont plus propices de gestes agressifs physiques que les autres.
 - Proportion plus grande de gestes agressifs pour les garçons par rapport aux filles.
 - Les enfants sont plus influençables lorsqu'ils sont exposés à un modèle adulte du même sexe qu'eux.
- Résultats : comportements verbaux
 - Agressions verbales supérieures pour les enfants exposés à l'adulte agressif
 - Pas de différence entre les garçons et des filles

Imitation et apprentissage social: conclusions

- Contraire à la théorie béhavioriste
 - L'enfant apprend sans récompense et punition
- Contraire à la psychanalyse
 - Observer de la violence ne réduit pas la violence par l'effet « cathartique »
- Résultats très critiqués mais confirmés
- Confirmation actuelle par les effets des jeux vidéos violents (Anderson et al, 2000)

C- L'apprentissage par instruction et médiation : le cas des apprentissages scolaires

- Acquisition de diverses connaissances (savoirs, savoir-faire, savoir-être) dans des situations conçues à des fins d'apprentissage à tous les âges
 - Instruction : transmission de nouvelles connaissances
 - Médiation : aider, guider les élèves à les acquérir, à se les approprier
- A l'école, cet apprentissage implique :
 - Apprentissage par l'action
 - Apprentissage en groupe (conflits socio-cognitifs)
- Long et spécifique chez les humains
- Rôle primordial de l'enseignant/pédagogue

III- Apports des méthodes multisensorielles dans les apprentissages scolaires

- Apprendre avec la vision et l'audition mais pas seulement...
- L'ajout du toucher : perception cutanée et perception haptique
- La perception haptique manuelle est très séquentielle et donc analytique
- La perception haptique n'est pas totalement capturée par la vision chez les jeunes enfants

Hatwell, Streri, Gentaz (2003). *Touching for knowing*. Benjamins;

Gentaz (2009). *La main, le cerveau et le toucher*. Paris : Dunod

Un mode d'exploration manuelle spécifique pour lire une image en relief

- Une simulation
- Exercice : dessiner l'image explorée par ses doigts

Comment des doigts lisent-ils une image...



Quelle était cette image ?

Faite un dessin

Aussitôt,
elle part
à la recherche
de nourriture.

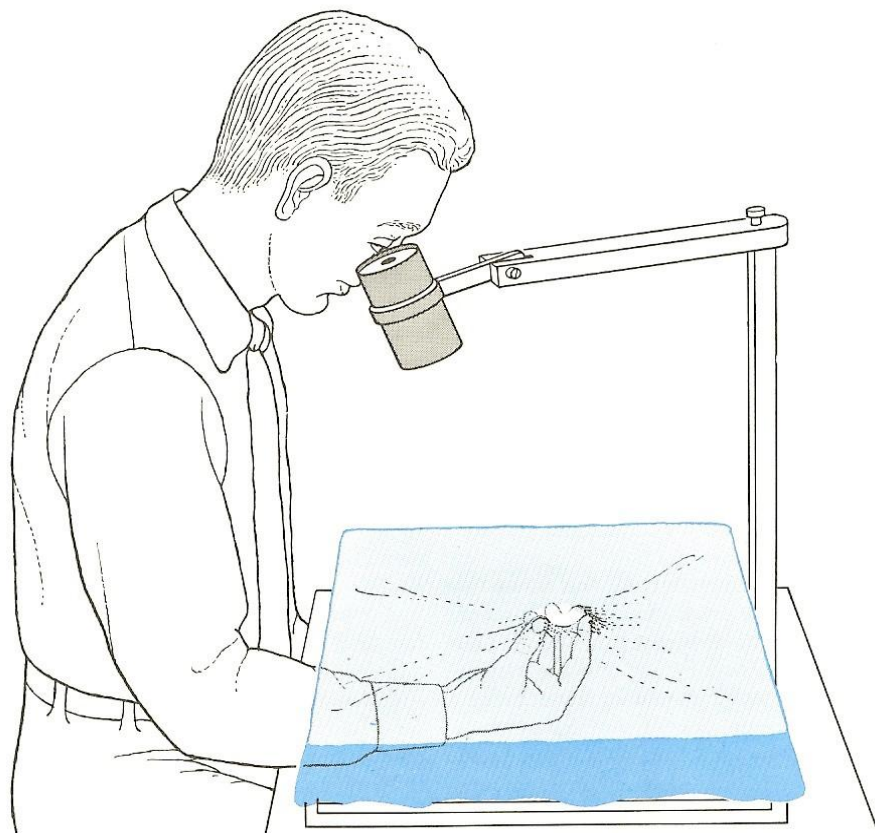


III- Apports des méthodes multisensorielles dans les apprentissages scolaires (suite)

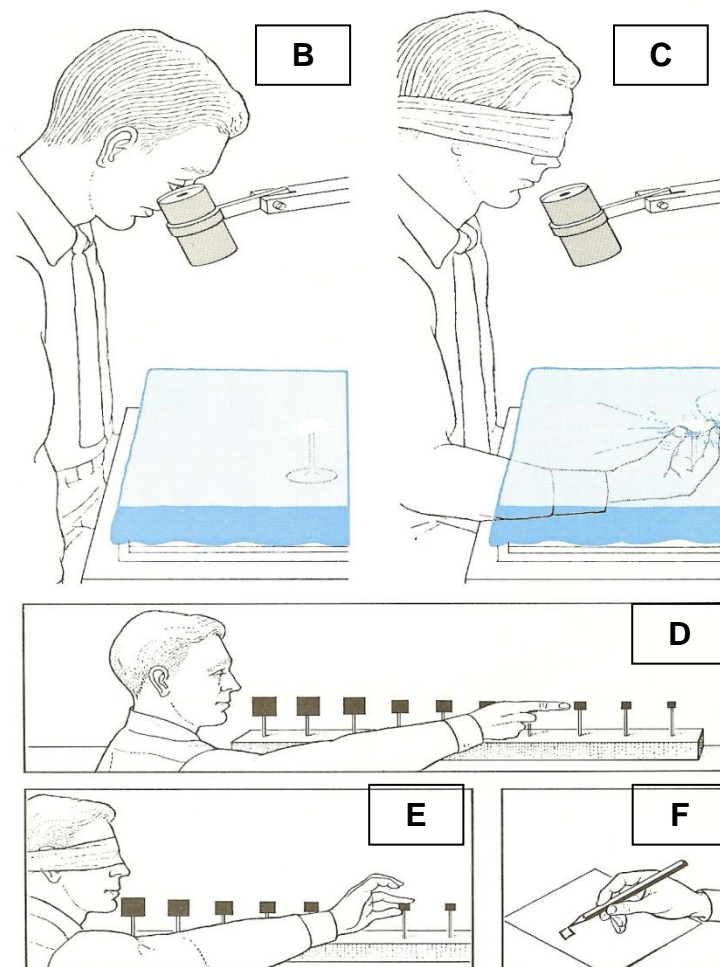
- Apprendre avec la vision et l'audition mais pas seulement...
- L'ajout du toucher : perception cutanée et perception haptique
- La perception haptique manuelle est très séquentielle et donc analytique
- ***La perception haptique n'est pas totalement capturée par la vision chez les jeunes enfants***

Hatwell, Streri, Gentaz (2003). *Touching for knowing*. Benjamins;

Gentaz (2009). *La main, le cerveau et le toucher*. Paris : Dunod



Situation de conflit visuo-haptique



Situations contrôles et modes de réponse

Figure 24: Dans la situation de conflit perceptif visuo-haptique, le sujet explore avec sa main droite un carré qui lui apparaît visuellement comme un rectangle (A). Dans les situations contrôles, le sujet regarde le carré sans le toucher (B) et l'explore manuellement sans le voir (C). Ensuite, le sujet donne sa réponse en choisissant le carré correct présenté seulement visuellement (D) ou haptiquement (E) ou en le dessinant (F).

IV-Apprendre à reconnaître les figures géométriques élémentaires

Apprendre à reconnaître des figures géométriques chez les enfants de 5-6 ans

- **Instructions des écoles en France:**
 - (1) **Reconnaître un triangle, un carré, un rectangle, un cercle** parmi d'autres figures planes
 - (2) **Utiliser le vocabulaire approprié** (carré, rectangle, triangle, cercle, côté, sommet et angle droit)
- Expérience 1: la reconnaissance des figures géométriques (cercle, carré, rectangle, et triangle) chez les 5-6 ans
- Expériences 2 & 3 : apports de l'exploration visuo-haptique et haptique dans la reconnaissance des figures (carré, rectangle, et triangle) chez les 5-6 ans

Quels exemplaires de figures géométriques choisir ?

- Exercice (feuille blanche + crayon):
 - dessiner spontanément un rectangle et un triangle sur une feuille blanche
- Productions aléatoires ?
- Différence entre adultes (instructions scolaires) et jeunes enfants ?

Kalenine, S., Cheam, C., Izard, V. & Gentaz, E. (2013). Adults and five-year-old children draw rectangles and triangles around a prototype but not in the golden ratio. *British Journal of Psychology*, 104, 400-412

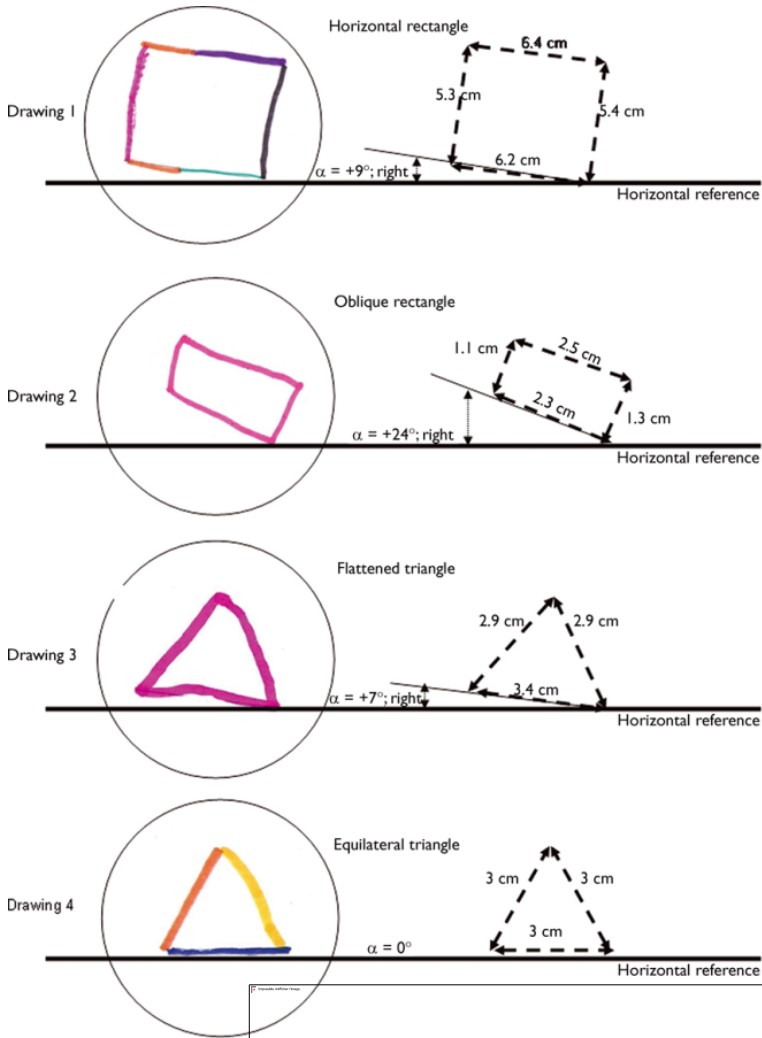


Table 1. Mean in centimetre (with standard deviation) of the sides of the rectangles drawn by adults and children and the corresponding ratio as a function of rectangle orientation

	N	Longest sides	Shortest sides	Ratio
Adults				
Horizontal rectangles	72	6.83 (3.63)	3.23 (2.07)	2.31 (0.79)
Vertical rectangles	1	4.05 (—)	1.45 (—)	2.79 (—)
Oblique rectangles	5	6.93 (2.60)	3.13 (0.95)	2.20 (0.35)
Children				
Horizontal rectangles	48	5.14 (3.81)	2.16 (1.96)	2.95 (1.67)
Vertical rectangles	0	— (—)	— (—)	— (—)
Oblique rectangles	1	2.55 (—)	0.8 (—)	3.18 (—)

Résultats pour le dessin d'un rectangle

78 adultes :

Orientations	Dimensions moyennes en cm et ratio	
72 horizontaux (92%)	6.83 x 3.23	2.31
1 vertical	4.05 x 1.45	2.79
5 obliques	6.93 x 3.13	2.2

Sur 68 enfants de 5-6 ans, 49 réussissent à tracer un rectangle

Orientations	Dimensions moyennes en cm et ratio	
48 horizontaux (72%)	5.14 x 2.16	2.95
0 vertical		
1 oblique	2.55 x 0.8	3.18

Résultats pour le dessin d'un triangle

78 adultes :

Type/orientation horiz	Dimensions moyennes en cm et ratio	
43 isocèles « pointus »	5.41 x 4.39	1.23
10 isocèles « aplatis »	7.37 x 6.35	0.87
14 équilatérales	5.55 x 5.55	1

Sur 68 enfants de 5-6 ans, 60 réussissent à tracer un triangle

Type/orientation horiz	Dimensions moyennes en cm et ratio	
29 isocèles « pointus »	3.67 x 3.07	1.22
10 isocèles « aplatis »	2.9 x 2.25	0.79
12 équilatérales	2.2 x 2.2	1

Importance de l'exemplaire prototypique dans la reconnaissance ?

Expérience préalable: tâche de reconnaissance

Deux questions :

- **Q1 : Certains exemplaires d'une catégorie seraient-ils plus faciles à reconnaître ?**

Figures prototypiques mieux reconnues que figures non prototypiques ?

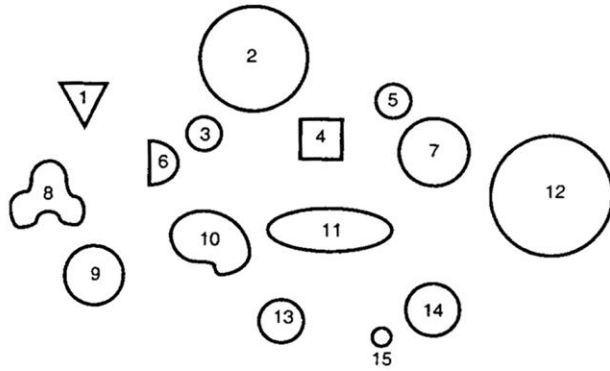
- **Q2 : Certaines catégories de figures seraient-elles plus faciles à reconnaître ?**

Différence entre quatre catégories : cercle, carré, rectangle et triangle ?

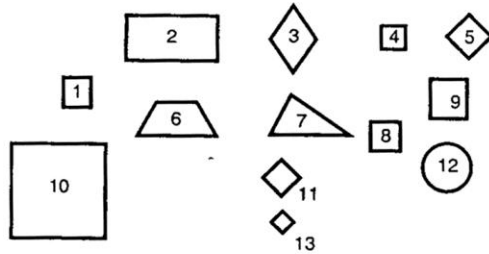
Expérience princeps de Clements et al (1999)

- Méthode
 - 97 enfants sont évalués au cours d'un entretien individuel dans lequel on demande à chaque enfant de marquer chaque figure cible.
 - Les auteurs mesurent le nombre de figures cibles correctement reconnues parmi les distracteurs pour 3 groupes d'âge (4, 5 et 6 ans).

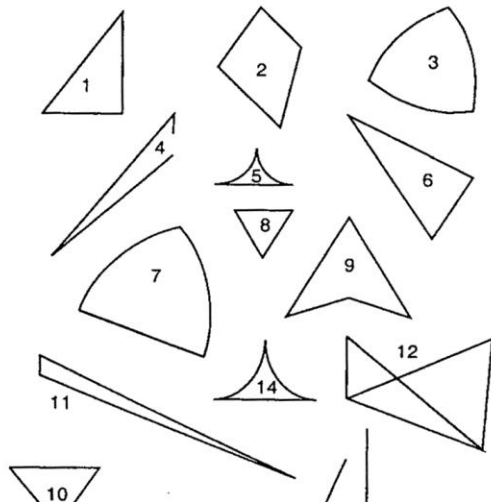
1. Student marks circles (Razel & Eylon, 1991).



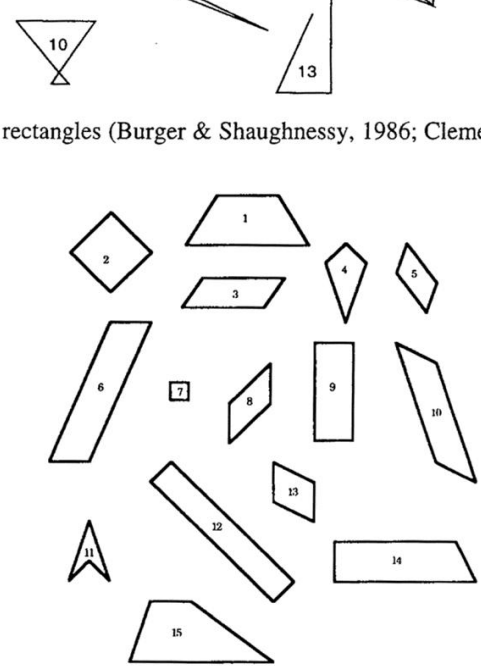
2. Student marks squares (Razel & Eylon, 1991).



3. Student marks triangles (Burger & Shaughnessy, 1986; Clements & Battista, 1992a).



4. Student marks rectangles (Burger & Shaughnessy, 1986; Clements & Battista, 1992a).



Résultats

- Augmentation des performances avec l'âge, pondérée par les figures (cercle, carré, rectangle et triangle).
- Le cercle est très bien reconnu à tous les âges :
 - 92 % à 4 ans 96 % à 5 ans 99 % à 6 ans.
- Le carré est reconnu à :
 - 82 % à 4 ans 86 % à 5 ans 91 % à 6 ans.
- Le rectangle est reconnu à :
 - 51 % à 4 ans 51 % à 5 ans 59 % à 6 ans.
- le triangle est reconnu à :
 - 57 % à 4 ans 58 % à 5 ans 61 % à 6 ans.

Discussions et critiques

- Difficile de comparer les connaissances des enfants d'une figure à l'autre *sans un contrôle plus rigoureux* des figures cibles et distractrices proposées.
 - le nombre de figures cibles et le nombre de figures total ne sont pas les mêmes pour les quatre tests.
 - De plus, le choix des figures (la taille et l'orientation) n'est pas contrôlé.

Expérience 1: tâche de reconnaissance

Deux questions :

- **Certaines catégories de figures seraient-elles plus faciles à reconnaître ?**

Différence entre quatre catégories : cercle, carré, rectangle et triangle ?

- **Certains exemplaires d'une catégorie seraient-ils plus faciles à reconnaître ?**

Formes prototypiques mieux reconnues que formes non prototypiques ?

Méthode

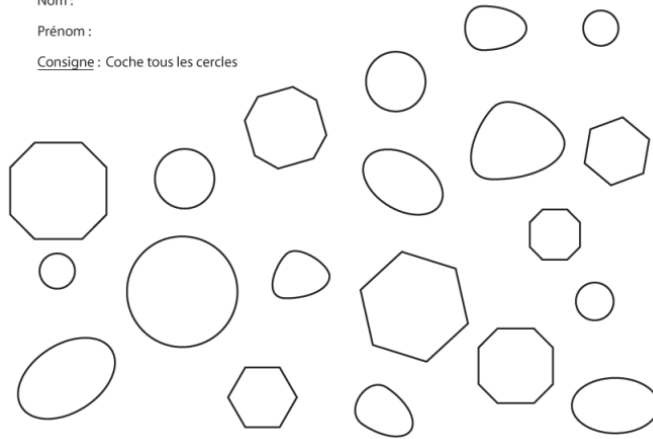
Participants

44 enfants en grande section de maternelle (âge moyen 5 ans et 5 mois)

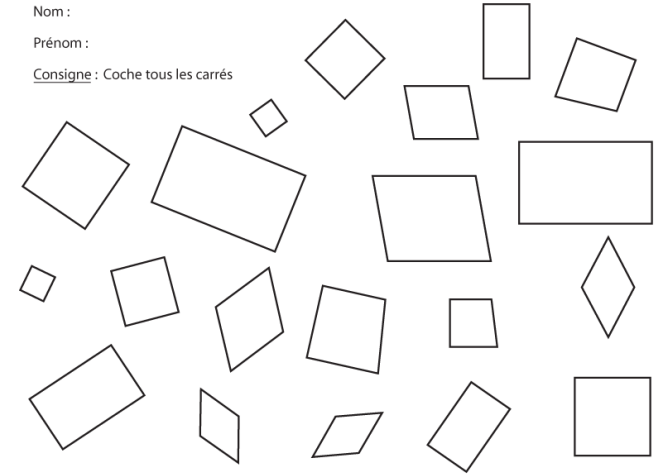
Matériel

« Coche tous les... »

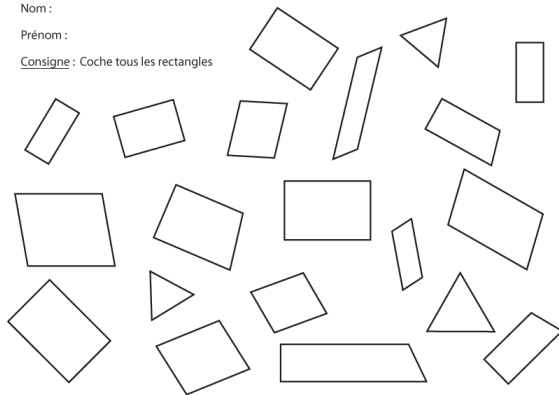
Nom :
Prénom :
Consigne : Coche tous les cercles



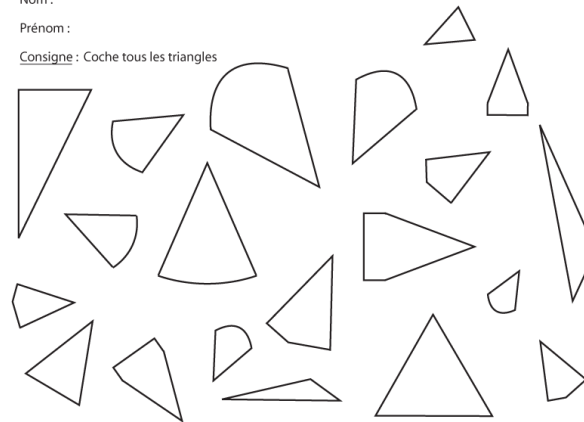
Nom :
Prénom :
Consigne : Coche tous les carrés



Nom :
Prénom :
Consigne : Coche tous les rectangles



Nom :
Prénom :
Consigne : Coche tous les triangles



4 tests

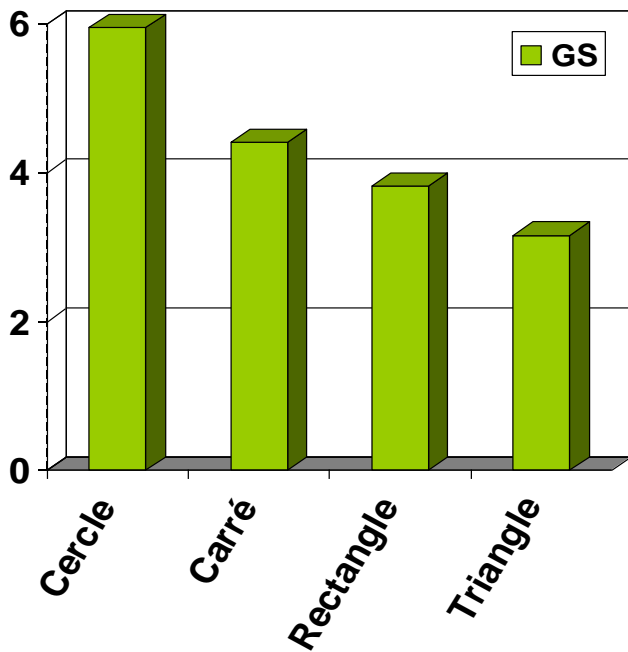
20 formes

- 6 cibles

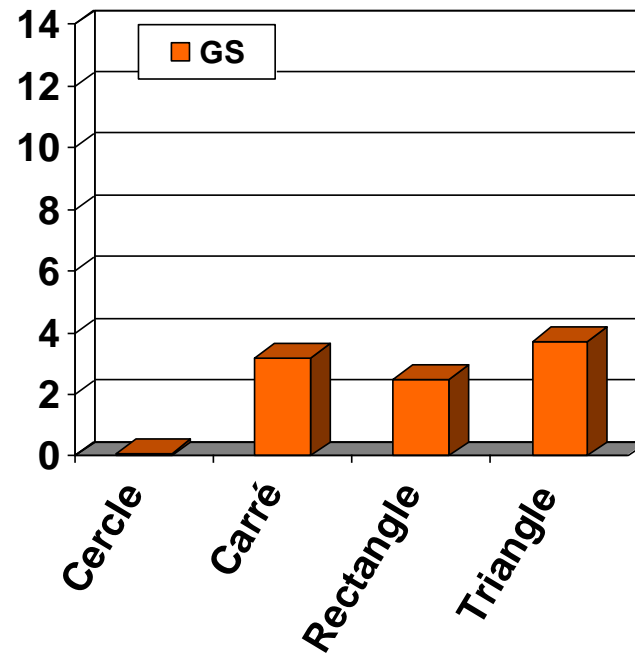
- 14 distracteurs

Résultats (1)






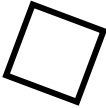
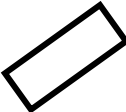

Nombre de formes cibles reconnues /6



Nombre de fausses reconnaissances /14



Résultats (2)

GS	Cercle	Carré	Rectangle	Triangle
<u>% Prototype</u>	 -	 88,64	 72,73	 100
<u>% Non Prototype</u>	 -	 70,45	 61,81	 43,18

Résultats et conclusions

- **Q1 : Effet prototype ?**
 - Certains exemplaires sont plus exemplaires que d'autres
 - Explications multiples
 - Choix des exemplaires est crucial dans les tests/exercices
- **Q2: Différence entre les figures ?**
 - Le cercle est parfaitement reconnue
 - Difficulté à hiérarchiser les 3 autres figures ;
 - les performances dépendent des exemplaires choisis comme cible et distracteurs (et leurs rapports)
- **Nouvelle question** : Comment aider les enfants à mieux reconnaître les formes ?

Expérience 2 : apprendre avec un entraînement multisensoriel

- 34 enfants de 5-6 ans
- Durée séance: 25 min / 6 enfants maxi. par groupe/ 1 séance par figure
- 4 figures (cercle, carré, rectangle, triangle); Animée par psychologue
- Prétest + Postest 1 - Postest 2 (idem expérience 1)

Groupe VH 17 enfants de GS


Exploration visuo-haptique

36 formes en relief (mousse)

Groupe V 17 enfants de GS

Exploration visuelle

36 formes sans relief (papier)

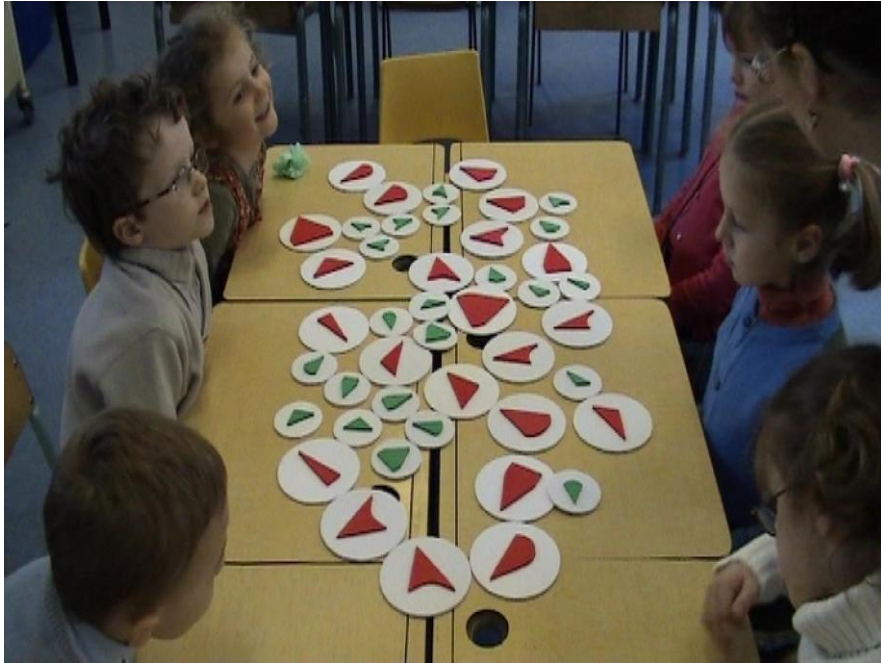
- 
1. Grandes formes cibles
 2. Petites formes cibles
 3. Grandes formes cachées
 4. Jeu de pioche
 5. Rangement par catégories

Exemple d'une séance « triangle »

- **Exercice 1** : chaque enfant découvre et explore un grand triangle, orienté aléatoirement, l'objectif étant de valider son nom (catégorie) et ses caractéristiques (propriétés).
 - Dans le groupe d'entraînement V, les enfants sont invités à regarder attentivement la figure
 - Dans le groupe d'entraînement VH, ils doivent regarder et toucher globalement la figure puis suivre plusieurs fois son contour avec leur index.
- **Exercice 2** : L'expérimentateur propose ensuite un jeu avec de grandes figures, faces cachées avec un grand triangle référent qui reste au centre de la table. Parmi un ensemble de vingt-deux figures comprenant 6 triangles et 16 figures distractrices, chaque enfant en sélectionne une et la garde face cachée près de lui. L'un après l'autre, chaque enfant retourne et découvre sa grande figure. Après réflexion, il décide s'il s'agit d'un triangle ou non. L'enfant essaye aussi de justifier son choix puis valide sa réponse en demandant l'avis au reste du groupe.

- **Exercice 3** : Une fois que les mouvements d'exploration des grandes figures sont bien maîtrisés par les enfants, l'expérimentateur propose à chaque enfant de découvrir et d'explorer un petit triangle. Puis, l'expérimentateur pose au centre de la table, un grand et un petit triangle pour valider au sein du groupe le concept de triangle en rappelant ses propriétés, ceci malgré des changements de taille, de couleur et d'orientation qui peuvent intervenir .
- **Exercice 4** : l'expérimentateur propose un grand jeu de pioche avec toutes les petites et grandes figures, faces visibles au centre de la table. L'un après l'autre, chaque enfant doit trouver un exemplaire de triangle parmi d'autres figures distrayantes. L'enfant fait son choix, le justifie, le valide ou le corrige éventuellement avec le reste du groupe. Si sa réponse est acceptée, il conserve le triangle sinon il remet la figure sur la table. Le jeu se termine lorsque tous les exemplaires de triangles ont été trouvés et que tous les enfants sont d'accord. Dans cet exercice, la difficulté est plus importante car les figures sont plus nombreuses, la taille et la couleur varie, ce qui demande une discrimination plus fine.
- **Exercice 5** : l'expérimentateur propose une tâche de classification des figures distrayantes restantes. Un enfant choisit une figure distrayante, la décrit aux autres élèves pour qu'ils puissent lui donner tous les exemplaires de cette figure afin de les ranger.

Le grand jeu de pioche pour le triangle ou le carré



Résultats globaux

- Cercle : bien reconnu et pas d'erreur (confirmation)
- Carré, rectangle et triangle:
 - **Nombre de cibles reconnues**
 - Entraînement « VH »: progression significative
 - Entraînement « V » : pas d'effet significatif
 - **Fausse reconnaissances**
 - Diminution des erreurs commises pour le carré et le triangle après l'entraînement VH par rapport au groupe contrôle V.

Expérience 3 : entraînements multisensoriels

- 72 enfants de 5-6 ans (106 au départ)
- Durée séance: 25 min / 6 enfants maxi. par groupe / 2 séances par figure
- 3 figures (*carré, rectangle, triangle*); Animée par une enseignante formée
- Prétest + 6 séances + révision + Postest (nouveau test)

Groupe VH 36 enfants de GS


Exploration visuo-haptique

36 formes en relief (mousse)

Groupe V 36 enfants de GS

Exploration visuelle

36 formes sans relief (papier)

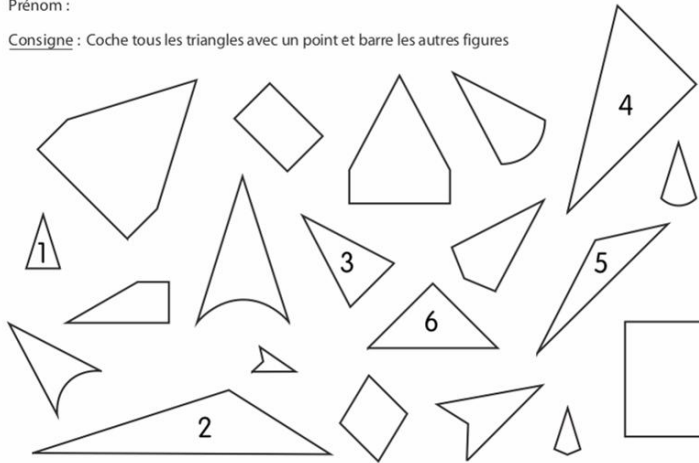
- 
1. Grandes formes cibles
 2. Petites formes cibles
 3. Grandes formes cachées
 4. Jeu de pioche
 5. Rangement par catégories

Autre différence : nouveaux tests

Nom :

Prénom :

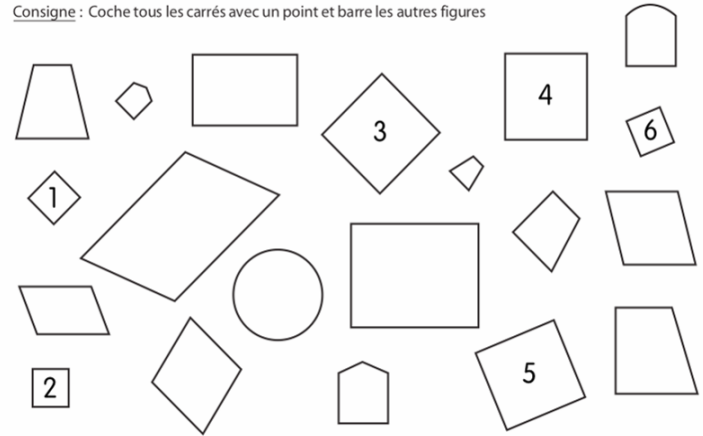
Consigne : Coche tous les triangles avec un point et barre les autres figures



Nom :

Prénom :

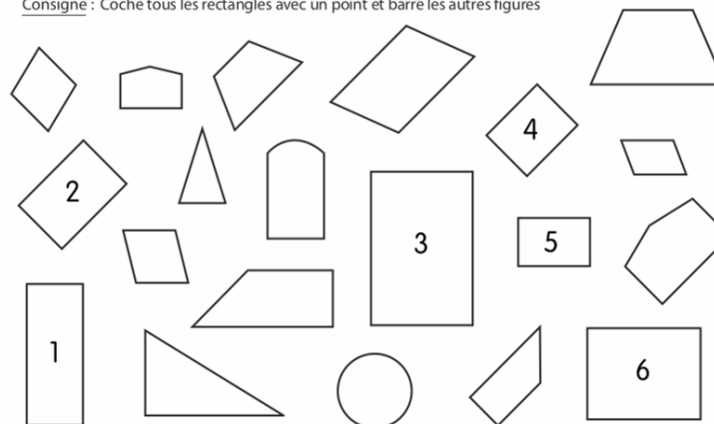
Consigne : Coche tous les carrés avec un point et barre les autres figures



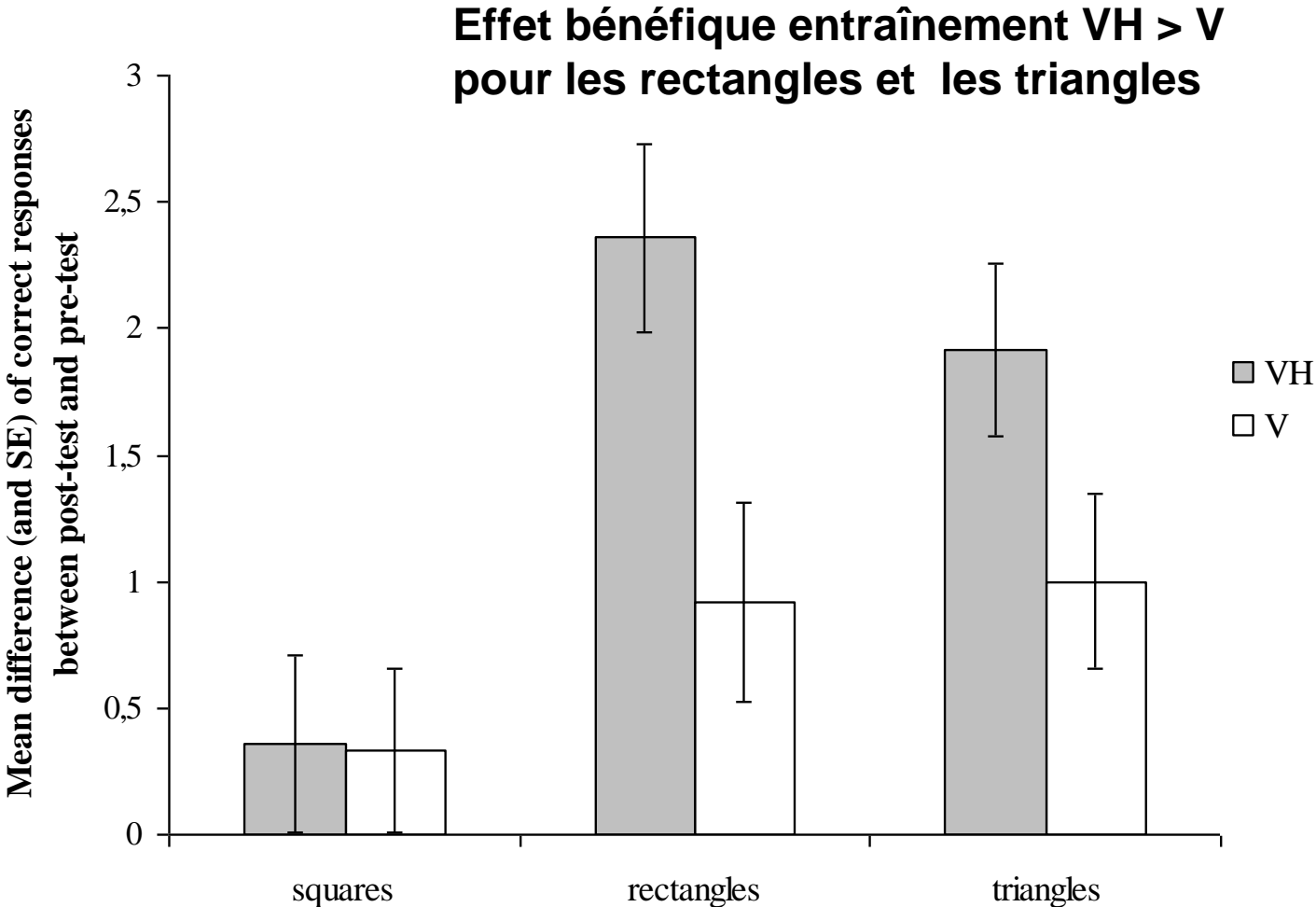
Nom :

Prénom :

Consigne : Coche tous les rectangles avec un point et barre les autres figures



Résultats : effets des entraînements VH et V



Conclusion générale et perspective

- 1. Reconnaissances dépend de la catégorie et de ses exemplaires**
- 2. Effet bénéfique de l'ajout de l'exploration visuo-haptique dans les entraînements centrés sur les figures difficiles (triangles et rectangles)**
- 3. Deux explications : codage multiple (traces distribuées) et traitement analytique**
- 4. Mouvement haptique spécifique corrélé à l'exploration visuelle**
- 5. Intérêt pédagogique : effet similaire avec les enseignants formés**
- 6. Lien avec le vocabulaire ? Intérêt en remédiation ?**

V- Approches pédagogique et scientifique de l'éducation : deux visions opposées ?

- Approche pédagogique:
 - élaborer des *techniques qui fonctionnent* issues de la pratique
- Approche scientifique:
 - Produire des résultats issus d'expérimentations, d'observations
- Deux approches indispensables et complémentaires
 - Gentaz & Dessus (2004). Comprendre les apprentissages. Paris. Dunod,
 - Dessus & Gentaz, (2006). Enseignement et apprentissage. Paris: Dunod

• Merci de votre attention

Références citées

- Kalenine, S., Cheam, C., Izard, V. & Gentaz, E. (2012). Adults and five-year-old children draw rectangles and triangles around a prototype but not in the golden ratio. *British Journal of Psychology*. Article first published online
- Theurel, A., Frileux, S., Hatwell, Y. & Gentaz, E. (2012). The haptic recognition of geometrical shapes in congenitally blind and blindfolded adolescents: Is there a haptic prototype effect? *PLoS ONE* (6): e40251
- Kalénine, S. Pinet, L. & Gentaz, E. (2011). The visuo-haptic and haptic exploration of geometrical shapes increases their recognition in preschoolers. *International Journal of Behavioral Development*, 35, 18-26.
- Pinet, L & Gentaz, E. (2008). Evaluation d'entraînements multisensoriels de préparation à la reconnaissance de figures géométriques planes chez les enfants de cinq ans : étude de la contribution du système haptique manuel. *Revue Française de Pédagogie*, 162, 29-44
- Pinet, L. & Gentaz, E. (2007). La reconnaissance des figures géométriques planes par les enfants de 5 ans. *Grand N*, 80, 17-24

Pour en savoir plus...

- Gentaz, E. & Dessus, P. (2004). *Comprendre les apprentissages. Sciences cognitives et éducation*. Paris: Dunod
- Dessus, E. & Gentaz, P. (2006). *Apprentissages et enseignement. Sciences cognitives et éducation*. Paris: Dunod.
- Gentaz E. (2009). *La main, le cerveau et le toucher*. Paris: Dunod





« Apprendre... oui mais comment ? » Des laboratoires aux salles de classe

Numéro coordonné par Pr E. Gentaz (Université de Genève - CNRS)

Éditorial

J. GRÉGOIRE

DOSSIER

Introduction - *É. GENTAZ* • L'entraînement de la mémoire de travail et les apprentissages scolaires - *L. CORBIN ET V. CAMOS* • Évaluation des effets d'un programme « Atelier cognitif (AC) : comprendre le fonctionnement du cerveau pour mieux apprendre » sur les performances d'élèves de seconde générale - *J. MALSERT, A. THEUREL, E. GENTAZ* • Quelles sont les méthodes les plus efficaces pour apprendre à lire ? Études avec des enfants ayant appris à lire en langue maternelle ou seconde - *L. SPRENGER-CHAROLLES, P. COLÉ* • Utiliser son corps pour apprendre à reconnaître et à tracer les lettres en grande section de maternelle - *F. BARA, C. LAMNUZEL, C. PRONOST, D. CALVARIN* • Quand les psychologues rencontrent des pédagogues qui rencontrent des enseignants : l'exemple de Scriptum, un outil pour enseigner les stratégies pour mieux copier et orthographier - *C. MARTINET* • Peut-on évaluer automatiquement les auto-explications lors de la lecture d'élèves de cycle 3 ? - *M. BIANCO, P. DESSUS, A. NARDY, M. RÉMOND, L. LIMA, M. DASCALU, B. OPRESCU, S. TRAUSSAN-MATU* • Une expérience d'enseignement explicite de l'orthographe lexicale - *M. FAYOL, F. GRIMAUD, M. JACQUIER* • L'orthographe grammaticale au collège : une approche sociodifférenciée - *C. TOTEBEAU, C. BRISSAUD, C. REILHAC, M.-L. BOSSE* • Évaluation quantitative d'un entraînement à la lecture à grande échelle pour des enfants de CP scolarisés en réseaux d'éducation prioritaire : apports et limites - *E. GENTAZ, L. SPRENGER-CHAROLLES, P. COLÉ, A. THEUREL, M. GURGAND, C. HURON, T. ROCHER, M. LE CAM* • Améliorer les compétences numériques - *C. THEVENOT, S. MASSON* • Évaluation d'entraînements multisensoriels de préparation aux apprentissages numériques chez les enfants scolarisés en grande section de maternelle - *F. GIMBERT, É. GENTAZ, K. MAZENS* • Aider l'enfant dyspraxique à l'école - *C. HURON*

Comment intégrer les apports des sciences cognitives dans les réflexions didactique et pédagogique ? L'exemple des sciences économiques et sociales (SES) au lycée général

L. MAURIN

Enseignante agrégée de S.E.S en lycée et formatrice à l'ESPE (École supérieure du professorat et de l'éducation) de Grenoble, 30, avenue Marcellin-Berthelot, 38100 Grenoble, France. Email : laurence.maurin@ac-grenoble.fr

RÉSUMÉ : Comment intégrer les apports des sciences cognitives dans les réflexions didactique et pédagogique ? L'exemple des sciences économiques et sociales (SES) au lycée général

L'intégration des recherches en sciences cognitives dans les enseignements au lycée général ne va pas de soi. Pourtant, nous défendrons, par une sélection de résultats de recherche et des pistes de gestes pédagogiques, l'intérêt que l'enseignant peut trouver à une meilleure connaissance de ces apports. Ensuite, nous proposerons plusieurs explications permettant de comprendre la difficile intégration des apports des sciences cognitives dans la classe. Comprendre ces difficultés pourrait permettre à tous les acteurs concernés (chercheurs, formateurs et enseignants) d'articuler plus efficacement les laboratoires, les formations et les classes.

Mots clés : *Apprentissage – Tâche scolaire – Sciences cognitives – Didactique – Sciences économiques et sociales.*

Les effets de la « méthode Montessori » sur le développement psychologique des enfants : une synthèse des recherches scientifiques quantitatives

S. DÉNERVAUD*, E. GENTAZ**

* Candidate au doctorat en neurosciences, Centre interfacultaire de sciences affectives (CISA), Université de Genève, 9, Ch. des Mines, 1211 Genève, Suisse. Email : solange.denervaud@unige.ch

** Professeur de psychologie du développement, Université de Genève (FPSE) et CISA. UniMail, 40, bd du Pont-d'Arve, 1211 Genève 4, Suisse. Email : edouard.gentaz@unige.ch

RÉSUMÉ : Les effets de la « méthode Montessori » sur le développement psychologique des enfants : une synthèse des recherches scientifiques quantitatives

L'objectif de cet article est d'examiner les études scientifiques quantitatives qui ont évalué les effets (généraux et spécifiques) de la « méthode pédagogique Montessori » sur le développement psychologique des enfants. L'ensemble des résultats suggère que la méthode Montessori peut avoir des effets bénéfiques sur les comportements socio-émotionnels, les compétences académiques et le potentiel créatif des élèves, mais certains résultats ne sont pas retrouvés. Ces effets bénéfiques seront discutés au regard des données récentes de la littérature scientifique concernant le rôle des fonctions exécutives, du « réseau du mode par défaut (RMD ; *default mode network*) et enfin des mouvements. Des études complémentaires en psychologie et en neurosciences sont nécessaires pour confirmer ces résultats comportementaux et commencer à cerner les signatures cérébrales de ces effets bénéfiques.

Mots clés : *Évaluation – Cognition – Émotion – Créativité – École – Pédagogie.*

Le développement de la représentation de l'espace et de la pensée géométrique : rappels

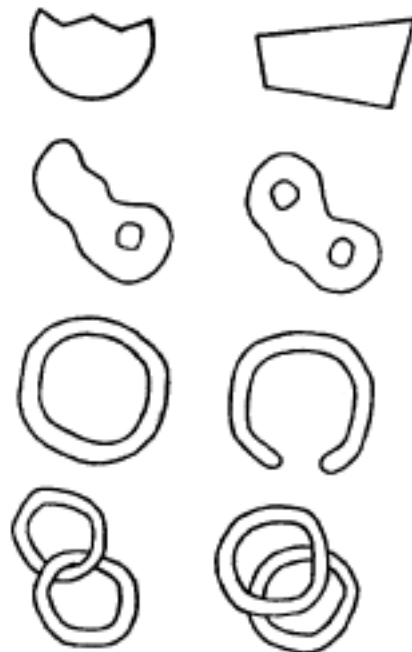
- I. Le modèle de Piaget et Inhelder : le constructivisme et la primauté topologique**
- II. Le modèle de van Hiele : le développement de la pensée géométrique**
- III. Le modèle de Dehaene et Spelke : l'intuition mathématique**

Le modèle de Piaget et Inhelder

- la pensée géométrique s'organise progressivement avec le passage par trois stades :
 - Stade 1 : espace topologique (2-4 ans)
 - Stade 2 : espace projectif (4-7 ans)
 - Stade 3: euclidien (6-8 ans)

Les deux arguments expérimentaux

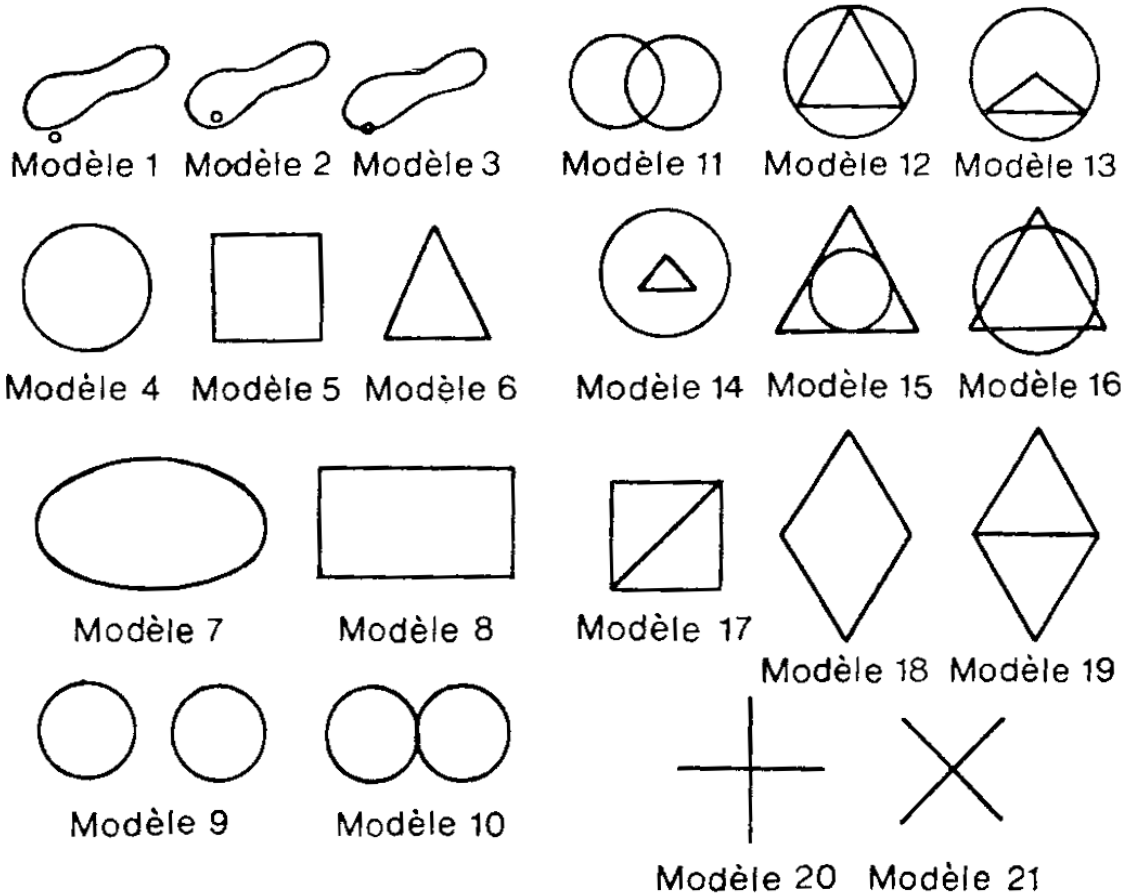
- **L'argument de perception haptique des figures :** l'enfant explore manuellement des figures cachées (perception haptique) pour ensuite, soit les dessiner, soit les associer à des exemplaires similaires; Piaget et Inhelder (1948)



Résultats

- Seules les relations topologiques sont d'abord prises en compte par le jeune enfant de 3 à 4 ans
 - capable de distinguer des figures ouvertes de figures fermées.
 - confusions entre les carrés, les triangles et les cercles.
- Plus tard, les enfants peuvent distinguer des figures rectilignes (formées de droites) de figures curvilignes (formées de lignes courbes).
- A partir de six à sept ans et une plus grande activité perceptive pour que les enfants parviennent à différencier correctement et aisément les figures géométriques simples entre elles ;
 - Distinguent les figures rectilignes entre elles, par exemple différencier un carré d'un losange.

- L'argument de production de dessin de figures (*Piaget et Inhelder (1948)*).**



Résultats

- **Stade 0** : (avant l'âge de 3 ans) : aucune finalité ne peut être discernée ; l'enfant gribouille.
- **Stade supérieur I A (jusqu'à environ 3 ans et 11 mois)**: un cercle est dessiné par une forme curviligne irrégulière et ne peut être distingué des productions de carrés et de triangles.
- Bien que les enfants ne distinguent pas les polygones des figures curvilignes, il s'en dégage des propriétés topologiques (par exemple, une ligne fermée avec une autre petite ligne fermée, à l'intérieur ou à l'extérieur).
- **Stade II (vers 4 ans)**: différenciation progressive des figures euclidiennes.
- Le critère de ce stade est la reproduction correcte de carrés ou de rectangles.
- Les relations Euclidiennes, comme les angles et inclinaisons, se développent lentement.
- **Stade III (autour de 6-7 ans)** : les problèmes sont surmontés ;

Le modèle de van Hiele : le développement de la pensée géométrique

Niveau 1 - Visualisation

- Au cours du premier niveau, les élèves perçoivent les figures géométriques en fonction de leur apparence physique globale.
- Leurs propriétés ne sont pas reconnues et encore moins énoncées. Ils raisonnent au moyen de considérations visuelles sans utiliser explicitement les propriétés de ces figures.
- L'enfant ne pourra donc dire que les angles d'un rectangle sont droits ou que les côtés sont parallèles.
- Par contre, il distinguera un carré d'un rectangle et les considèrera comme des entités différentes.
- À ce niveau, un carré n'est donc pas un rectangle et un losange n'est pas un parallélogramme.
- Par exemple, les élèves considèrent qu'un losange est un losange « parce qu'il est sur une pointe » ou qu'une hauteur est une hauteur « parce qu'elle est verticale » ou encore qu'un rectangle est un rectangle « parce qu'il ressemble à une porte ».

Niveau 2 - Analyse/Descriptif

- L'élève est capable maintenant de distinguer certaines propriétés des figures géométriques.
- Il reconnaît qu'un carré, comme un rectangle, a quatre angles droits.
- Une figure peut se reconnaître à ses propriétés : si l'enfant est informé que la figure tracée possède quatre angles droits, il accepte que ce soit un rectangle, même si elle n'est pas tracée avec soin.
- En revanche, l'enfant n'établit pas de relations entre les propriétés : si les côtés de ce quadrilatère sont deux à deux parallèles, il n'en déduit pas l'égalité des angles.
- De même la propriété « être un carré » n'entraîne pas la propriété « être un rectangle » ; ainsi la déduction n'est pas encore disponible.

Niveau 3 - Abstraction/Relationnel

- Capable d'ordonner les propriétés des objets géométriques. Stade du « Je sais que... je déduis que... ».
- L'élève toutefois n'est pas encore en mesure de comprendre des argumentations comportant plusieurs inférences successives.
- Il peut éventuellement comprendre le passage d'une ligne à la suivante sans comprendre pour autant ce qu'est une démonstration.
- Ils définissent maintenant les figures par leurs propriétés et peuvent être l'objet de classifications.
- Ils sont également capables de distinguer les propriétés nécessaires des propriétés suffisantes pour la détermination d'un concept et comprennent les déductions simples.

Niveau 4 - Déduction formelle

- Les élèves sont dès lors capables de comprendre ce qu'est un théorème ou une définition.
- Il est capable de se mouvoir dans un système axiomatique.
- Il peut élaborer lui-même des démonstrations originales ou du moins de les comprendre.
- Il a assimilé la différence entre condition nécessaire et suffisante, il distingue un théorème de sa réciproque.

(Niveau 5 - Axiomatisation/Rigueur)

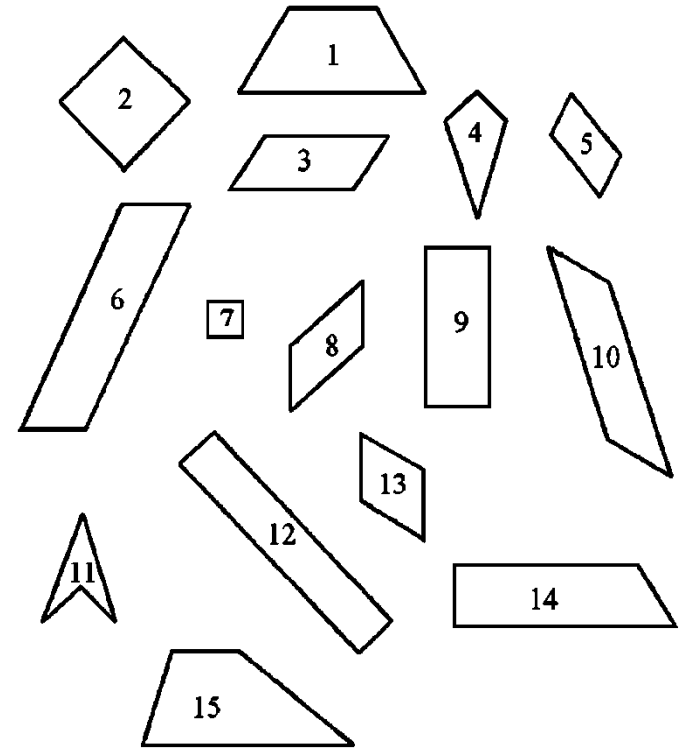
- L'existence du cinquième et dernier niveau est controversé.
- Celui-ci serait le niveau à atteindre pour accepter que les axiomes d'une théorie ne sont pas une vérité absolue, que des systèmes axiomatiques différents, voire contradictoires, peuvent coexister.
- En particulier, admettre l'existence de géométries non-euclidiennes supposerait d'atteindre ce niveau.

Les propriétés de ce modèle

- Un individu donné passe nécessairement par les différents niveaux dans l'ordre indiqué
- Ce qui est implicite (intrinsèque) à un niveau donné devient explicite (extrinsèque) au niveau suivant. Ainsi, au niveau 1 (visualisation), l'enfant reconnaît des figures sans être capable d'expliquer sa démarche. Par contre au niveau 2, les propriétés des figures sont mises en évidence.
- Chaque niveau a ses propres symboles linguistiques et son propre réseau de relations unissant ces symboles.
- Deux personnes qui raisonnent et s'expriment à des niveaux différents ont des difficultés à se comprendre.

Les arguments

- Burger et Shaughnessy (1986) mènent des entretiens individuels avec des élèves scolarisés de la maternelle au collège.
- Les enfants devaient identifier et décrire tous les carrés, les rectangles, les parallélogrammes et les losanges parmi un ensemble de figures quadrilatérales .



Résultats

- Niveau 1 : Les enfants prenant en compte des éléments visuels pas suffisamment précis ou sans valeur (comme l'orientation) pour décrire les figures sans prendre en considération des caractéristiques nécessaires. Les références à des prototypes visuels (« un rectangle ressemble à une porte »), sont fréquentes.
- Niveau 2 : Les enfants qui comparent les figures et les identifient par quelques propriétés.
- Niveau 3 : Les enfants fournissant un minimum de caractéristiques d'un type de figure mais qui à un autre type de figure pour le décrire : par exemple, un carré est un parallélogramme parce qu'il a toutes les propriétés du rectangle et du losange.
- Niveau 4 : Un étudiant faisait fréquemment des hypothèses qu'il tente de vérifier au moyen de preuves formelles.

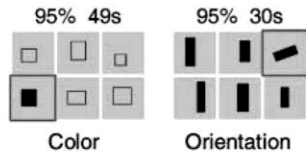
Le modèle de Dehaene et Spelke : l'intuition mathématique

- Etude de la capacité spontanée d'Indiens brésiliens Mundurukù à manipuler certains concepts géométriques et tente de réponse à la question suivante : « **La géométrie est-elle une capacité spontanée de l'esprit humain ?** ».
- Population disposant d'un langage géométrique restreint et avec un taux de scolarisation faible, voire inexistant.
- Epreuves:
- Pour chacun des 45 concepts étudiés (regroupés en 7 sous-ensembles : topologie, géométrie euclidienne, figures géométriques, figures symétriques, figures chirales, propriétés métriques et transformations géométriques)
 - une diapositive contenant six images dont cinq représentent le concept étudié.
 - Les participants ont pour consigne de désigner l'intrus.

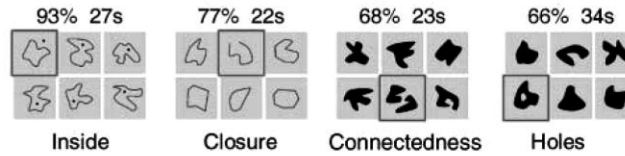
Résultats

- Les participants, même les 6 ans, ne répondent pas au hasard.
- Performances ne sont pas différentes entre les Indiens qui sont scolarisés ou bilingues et les autres Indiens.
- Les Mundurucus réussissent bien les items liés aux notions topologiques (76 %), euclidiennes (84 %) et aux figures géométriques (79 %).
- Les performances sont moindres, mais restent supérieures au hasard pour détecter les symétries (67 %) et les propriétés métriques (62 %).
- En revanche, deux domaines sont bien moins réussis : celui des transformations géométriques (35 % de réussite en moyenne avec des items allant à 18 %) et celui des figures chirales (56 % de réussite en moyenne avec des items allant à 23 %).
- Les performances des Mundurucus (enfants comme adultes) et des enfants américains sont identiques mais sont inférieures aux performances des adultes américains.
- Note : une figure est chirale si elle n'est pas superposable à son image dans un miroir.

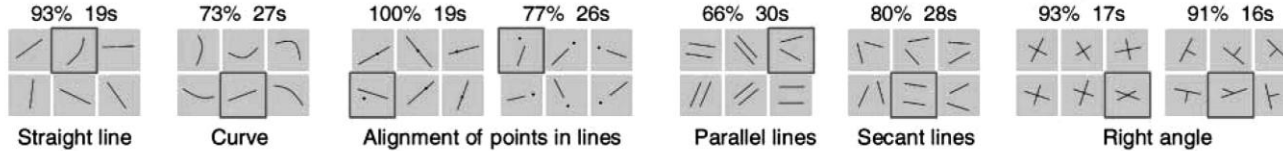
Initial training



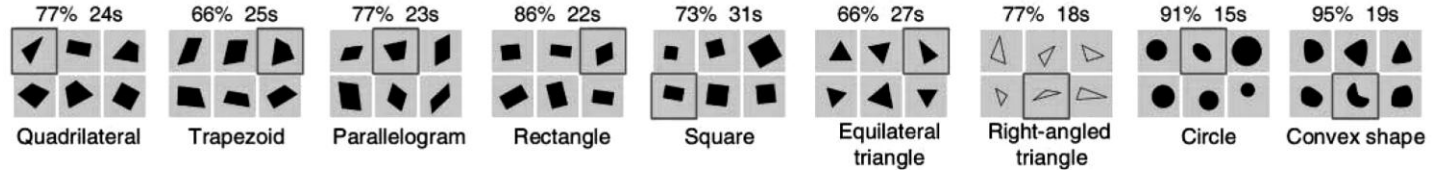
Topology (76%; ♦)



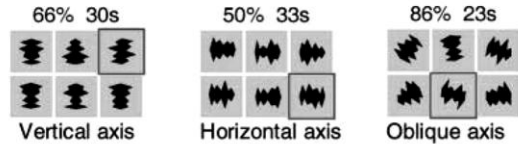
Euclidean geometry (84%; ■)



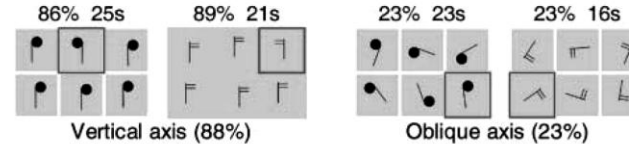
Geometrical figures (79%; ▲)



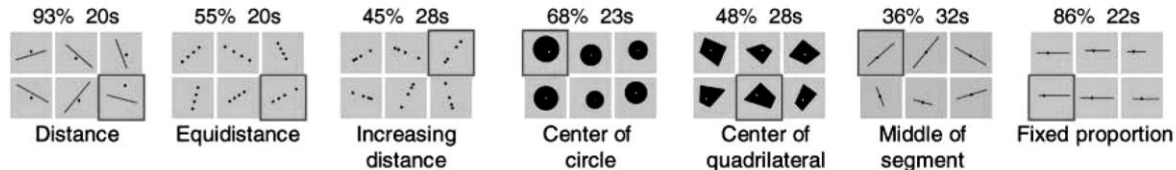
Symmetrical figures (67%; ♦)



Chiral figures (56%; ●)



Metric properties (62%; ●)



Geometrical transformations (35%; ▲)

