

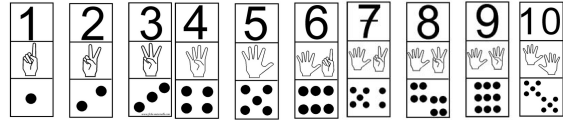
RÔLE DES DOIGTS DANS LE DÉVELOPPEMENT DES REPRÉSENTATIONS SYMBOLIQUES VERBALES



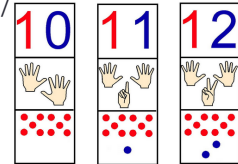
L Rousselle
Université de Liège

Doigts et développement numérique

- Structuration de la base 10 (Brissiaud, 2003)



- Entrée dans le calcul : surtout addition/soustraction (manipulation des quantités) mais pas dans la multiplication



Doigts et arithmétique

- Gnosie digitale = excellent prédicteur du développement arithmétique en début de scolarité primaire (Fayol, Barrouillet & Marinthe; Noël, 2005)
- Fréquence accrue d'erreurs en base 5 (split-5), ce qui témoigne de l'usage des doigts dans les additions et soustractions (enfants : Domahs et al., 2008; adultes : Klein et al., 2011)
- Interférence d'une tâche secondaire mobilisant la main sur
 - ▶ Tâches de comptage de cibles (MdT +, comptage de 2 cibles)
 - ▶ Additions
 - ▶ pas d'effet d'une tâche interférente impliquant des mouvements de pieds (enfants : Crollen & Noël, 2015; adultes : Imbo et al., 2011; Michaux et al., 2013)

Doigts et arithmétique

COSTA ET AL. (2011)

- Enfants de 8-11 ans :
 - ▶ avec DAM ($n = 14$, -1 SD dans un test arithmétique standardisé)
 - ▶ sans DAM ($n = 84$)
 - ▶ $QI =$
- Tâches : notamment
 - ▶ Gnosies digitales
 - ▶ Comparaison de collections de points (20 à 44) : w
 - ▶ Comparaison de NA (1-9)
 - ▶ Résolution de problèmes verbaux
 - ▶ Additions, soustractions, multiplications

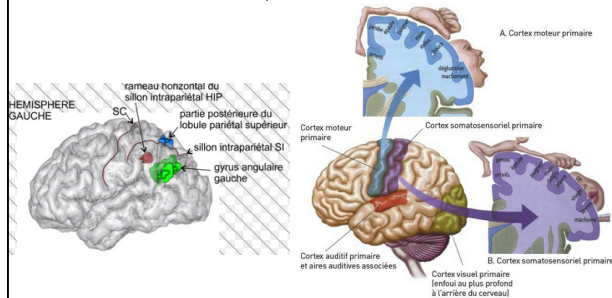
Doigts et arithmétique

COSTA ET AL. (2011)

- MD < TD au niveau des gnosies digitales, w , soustractions, multiplications et problèmes verbaux
 - Après contrôle des gnosies digitales : \neq ns pour les problèmes verbaux
- ➔ Rôle des doigts dans la résolution de problèmes verbaux

Doigts et arithmétique

- Proximité neuroanatomique



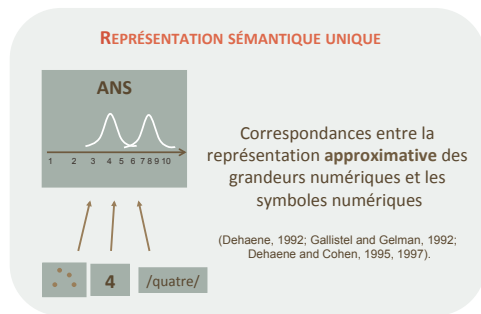
Doigts et arithmétique

- Proximité neuroanatomique
- Evidence neurofonctionnelle d'un recouvrement important
 - ▶ Syndrome de Gerstmann (1940) : agnosie digitale, acalculie, dysgraphie, confusion gauche-droite
 - ▶ IRMf: substrat neuronal commun aux représentations de la position des doigts et aux capacités arithmétiques (soustractions et multiplications): sillon intrapariétal horizontal et partie postérieure du lobule pariétal supérieur (Andres et al., 2012)
 - ▶ TMSr : l'activation des représentations digitales (agnosie digitale) et numériques (magnitude) perturbé par TMSr au niveau du gyrus angulaire gauche (Rusconi et al., 2005)

Les doigts jouent-ils un rôle plus précoce dans le développement numérique chez l'enfant ?

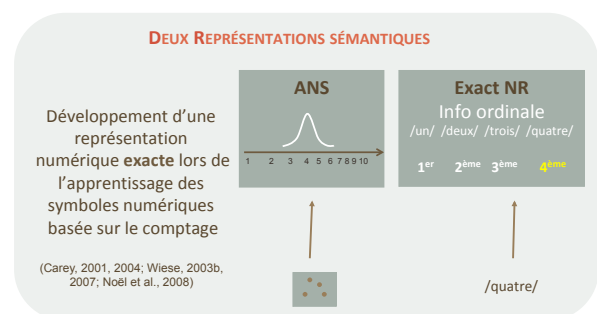
Développement de la signification des symboles?

2 hypothèses



Développement de la signification des symboles?

2 hypothèses



- Pica et al . (2004) Mundurucu
- Spaepen et al. ()

Le rôle des doigts?

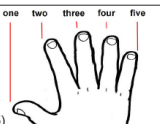
- Hypothèse d'un rôle fonctionnel dans le développement numérique d'une représentation numérique exacte basée sur le comptage :
 - ▶ Impliqués dans les activités de correspondance terme-à-terme
 - ▶ Individuation des éléments de la chaîne numérique (niv. chapelet > chaîne insécable)
 - ▶ Soutient le principe de l'ordre stable
 - ▶ Pointage : Marquage attentionnel lors du comptage (keeping track)
 - ▶ Comptage sur les doigts = Représentation iconique de la cardinalité

Le rôle des doigts dans le développement numérique plus précoce?

Doigts = « chaînon manquant »

- impliqués dans le développement d'une représentation numérique exacte,
- Favoriseraient les connections avec les représentations sémantiques non symboliques

(Fayol et Seron, 2005; Andres, Di Luca & Pesenti, 2008)

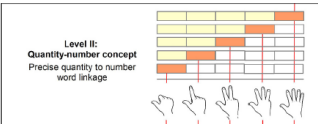


one two three four five

Level I:
Basic numerical skills
Exact number word
sequence

Roesch & Moeller (2015)

Association 1 doigt-1 NVO
Soutient le développement de la chaîne numérique verbale et dénombrement (individuation des mots-nb, ordre stable, marquage, correspondance t-à-t)



Level II:
Quantity-number concept
Precise quantity to number
word linkage

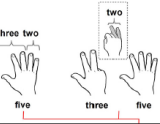
Représentation iconique de la cardinalité
Soutient l'association quantité-NVO (ppe de cardinalité) et l'association espace-nombre

one two three four five

Level I:
Basic numerical skills
Exact number word
sequence

Roesch & Moeller (2015)

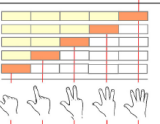
Association 1 doigt-1 NVO
Soutient le développement de la chaîne numérique verbale et dénombrement (individuation des mots-nb, ordre stable, marquage, correspondance t-à-t)



three two two three five

Level III:
Number relations
Compositional/decomposition
of a number
Differences between two
numbers

Les doigts comme base au calcul
Décomposition, recombinaison et comparaison



Level II:
Quantity-number concept
Precise quantity to number
word linkage

Représentation iconique de la cardinalité
Soutient l'association quantité-NVO (ppe de cardinalité) et l'association espace-nombre

one two three four five

Level I:
Basic numerical skills
Exact number word
sequence

Roesch & Moeller (2015)

Association 1 doigt-1 NVO
Soutient le développement de la chaîne numérique verbale et dénombrement (individuation des mots-nb, ordre stable, marquage, correspondance t-à-t)

Doigt et développement cardinal

LAFAY, THEVENOT & FAYOL (2013)

- 60 enfants de 4, 5 et 6 ans ($n = 20$ par groupe)
- Corrélation entre l'usage des doigts et le taux de réussite dans la tâche *Donne-moi* et tâche de *dénombrement* même quand l'âge est contrôlé
- Mais réussite également sans usage des doigts pour un certain nb d'enfants
- Usage des doigts?
 - Pointage? Montrer? Énumérer sur les doigts?





Doigt et énumération

GRACIA-BAFALLUY & NOËL (2008)

- 2 groupes d'enfants 1^{ère} P faibles en gnosies digitales
- = au niveau gnosies digitales et tâches numériques
- 2 types d'intervention :
 - ▶ Intervention gnosie digitale → Groupe1
 - ▶ Compréhension d'histoires → Groupe2
- 2 x 30 min / semaine pendant 8 semaines
- Post-intervention: ≠
 - Gnosies digitales et dessin d'une main
 - Combien doigts levés
 - Quel est le nombre qui vient d'abord
 - énumération rapide de petits ensembles ($< \text{ou} = 4$)

Comparaison des formats digitaux et verbaux

NICOLADIS, PICA & MARENTETTE (2010)

- 44 enfants de 2 à 5 ans
- **Donne-moi** [deux] versus 
- ▶ 2-3 ans : NVO = 
- ▶ 4-5 ans : NVO > 
- Dis-moi **combien** versus montre-moi combien à pd d'une collection
- ▶ A tout âge : NVO > 
- Mais données transversales...
- Pas d'exploration plus fine du développement cardinal

PSYCH1120-L.Rousselle-2014-2015

Développement de la signification cardinale des nombres verbaux

Sarnecka & Carey (2008): Découverte de la fct* de succession en 2 étapes

Compréhension de la direction des variations « cardinal-position »:

Cardinal	Position du NVO
Ajouter 1/+sieurs éléments	Déplacement vers l' avant dans la chaîne numérique
Retirer 1 /+sieurs éléments	Déplacement vers l' arrière dans la chaîne numérique

Maîtrise de la fonction de succession

Cardinal	Position du NVO
Ajouter 1 élément	Déplacement vers l' avant de 1 position dans la chaîne
Ajouter 2 éléments	Déplacement vers l' avant de 2 positions dans la chaîne Etc.

=> Processus qui prend du temps!

Objectif

Etudier le rôle des doigts dans le développement d'une représentation numériques exacte, symbolique des valeurs numériques

Les doigts représentent-ils le chaînon manquant?

Projets en cours

- Projet 1 : Suivi longitudinal d'enfants tout-venants
- Projet 2 : intervention centrée sur les doigts chez les enfants tout-venants et issus de milieux défavorisés
- Projet 3 : intervention centrée sur le corps et le mouvements chez les enfants atteints de déficience intellectuelle (T21)

Projet 1 : Questions de recherche

- Y a-t-il un âge où l'enfant est plus capable de représenter les quantités avec ses doigts qu'avec les NVO?
- Quelles sont exactement les capacités digitales qui participent au développement de la représentation numérique exacte?
Gnosie-praxie-dextérité manuelle?

Projet 1 : Suivi longitudinal

- Environ 50 enfants
- Suivi longitudinal



- Batterie de tâches évaluant les différentes étapes du développement d'une représentation numérique exacte
 - ▶ Développement des représentations numériques verbales versus digitales
 - ▶ Développement des capacités digitales non numériques

Tâches numériques

VERBALES

- Litanie
- **Dénombrement verbal:**
« Peux-tu me **dire** combien ? »
- **Donne-moi verbal:**
« Donne-moi [n] grenouilles »
- **Tâche d'équivalence numérique verbale**
- **Tâche d'ajout et de retrait verbale**
► compréhension de la directionnalité et la fonction de succession

DIGITALES

- Litanie sur les doigts
- **Dénombrement digital :**
« Peux-tu me **montrer** combien ? »
- **Donne-moi digital :**
Donne-moi ça ☺ de grenouilles »
- **Tâche d'équivalence numérique digitale**
- **Tâche d'ajout et de retrait digitale**
► compréhension de la directionnalité et la fonction de succession

Tâche d'équivalence



Version digitale :

Voici des bonbons cachés dans la boîte »

« Regarde le petit ours va montrer combien il y en a mais parfois il se trompe,

...tu peux me dire si il a raison ou s'il se trompe ? Regarde ici il dit qu'il y a ça [lever n doigts], c'est vrai ou c'est pas vrai, juste ou pas juste? Pourquoi ? »

► Maîtrise de la cardinalité en compréhension

Tâche d'ajout et de retrait

- **But :** teste la compréhension de la **directionnalité** et la **fonction de succession**
- **Procédure :** « il y a 2 billes dans la boîte » (*n de départ = 2, 3, 6, 7*)
 - Production de NVO vs Doigts
 - verbal : « J'ajoute 1 bille, combien y a-t-il de billes maintenant ? » => +1 vs -1
 - Choix parmi 2 NVO vs configuration de doigts
 - verbal : « J'ajoute 1 bille, y-a-t-il 1 billes ou 3 billes maintenant ? » => +1 vs -1
 - Choix parmi 2 NVO vs configuration de doigts
 - verbal : « J'ajoute 2 billes, y-a-t-il 3 billes ou 4 billes maintenant ? » => +1 vs +2
- **Prédictions:**
 - Si maîtrise de la directionnalité : L'enfant devrait ↗ dans la liste en cas d'ajout et ↘ en cas de retrait
 - Si maîtrise de la fonction de succession : devrait ↗ de 1 quand +1 et ↘ de 2 dans la liste qd +2.

Tâches digitales non numériques

- Gnosies digitales : touche isolée
- Imitation de configurations de doigts
 - numériques (1-montring, 1-counting, 2-montring, 2-counting, 3-montring, 3-counting, 4-montring, 4-counting)
 - non numériques (6 configurations : O-index, lapin, O-auriculaire, téléphone, O-index-majeur, poing-pouce milieu, O-annulaire).
- Praxie mélokinétique ou dextérité manuelle



Projet 2 : Intervention

- Collaboration avec Christelle Maillart
- **Des jeux de doigts et des lectures partagées pour renforcer les précurseurs des apprentissages scolaires**
- **Public cible :** populations vulnérables, < milieux défavorisés à risque de présenter des difficultés d'apprentissage en lecture et en mathématiques (Siegler et Ramani, 2008; Ramani & Siegler, 2008, 2011)
- Comparaison de différentes interventions, chacune servant de contrôle à l'autre (spécificité) :
 - Doigts
 - Lecture
 - Sans intervention

Projet 2 : Intervention

- Enfants 5-6 ans (2^{ème}-3^{ème} maternelle)
- 3 groupes appariés au niveau
 - SES
 - Gnosie digitale
 - Praxie digitale
 - Niveau de développement cardinal
 - Compétences métaphonologiques
 - Niveau de vocabulaire
 - Conscience de l'écrit (manipulation des livres, sens de l'écriture, connaissance de l'alphabet, etc.)

Projet 2 : Intervention

- Intervention sous forme d'ateliers centrée sur l'usage des doigts :
 - Activités numériques :
 - jeu de l'oe ou jeux du magasin.
 - Communication des quantités à l'aide des doigts
 - Activités non numériques : visant à développer la dextérité manuelle et les gnosies digitales
- Intervention en groupe en lecture partagée:
 - Développement de la conscience de l'écrit, du vocabulaire et des compétence métaphonologique (Lefèbvre et al., 2011)
- Pas d'intervention

Projet 2 : Intervention

- Fréquence : quotidiennement
- Durée : 3 mois.
- Evaluation pré/post intervention :
 - Gnosie/Praxie digitale
 - Montre-moi [n] avec tes doigts
 - Donne-moi
 - Quel nombre vient avant/après n?
- Effet de l'intervention des doigts sur :
 - les capacités digitales (gnosie, praxie)
 - les capacités de représentations numériques digitales
 - la maîtrise de la cardinalité et de l'ordinalité
 - suivi longitudinal : calcul fin de 1^{ère} primaire

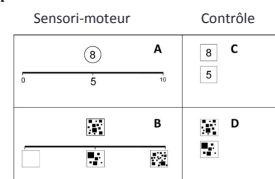
Projet 3 : Trisomie 21

- Difficulté d'acquisition de la signification cardinale des mots-nombre (Nye, Fluck & Buckley, 2001)
 - Maîtrise de la procédure
 - Peu d'accès à la signification
- Un ancrage dans l'expérience sensori-motrice de ces enfants favoriserait-elle le développement de la signification cardinale des mots-nombre?

Entraînement sensori-moteur

Sensori-motor spatial training of number magnitude representation

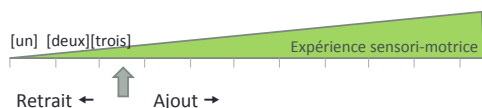
Ursula Fischer · Korbinian Moeller · Martina Bientzle · Ulrike Cress · Hans-Christoph Naerk



- Enfant de maternelles
- Entraînement comparaison de magnitude numérique :
 - Déplacement du corps sur une ligne numérique orientée
 - Entraînement contrôle : comparaison de NA et collection
- Effet sur les tâches de positionnement sur une ligne numérique et sur le Tedi-math (maîtrise des principes du dénombrement)

Projet 3 : Trisomie 21

- étude exploratoire : intervention centrée les expériences sensori-motrice des accroissements de quantités lié à la suite des mots nombre chez les enfants tout-venant et atteints de déficience intellectuelle (T21)



Projet 3 : Trisomie 21

- Populations :
 - Enfants tout-venant
 - Enfant-Adulte T21
- Comparaison de 2 groupes appariés :
 - Niveau de développement verbal (vocabulaire)
 - Age mental non verbal (Matrice WPPSI-III)
 - Niveau de développement cardinal

Projet 3 : Trisomie 21

- 2 interventions
 - ▶ Classique : centrée sur l'entraînement verbal
Dénombrer, vérification de dénombrement
 - ▶ Combinée : Verbale + Sensori-motrice :
 - Travail sur les doigts :
Ex : compter des coups de sonnettes en levant les doigts un par un, dénombrer en mettant en correspondance un doigt avec un objet et un NVO
 - Travail sur l'expérience corporelle :
Ex : compter en marchant dans des cerceaux disposés dans l'espace de + en plus loin, en montant des escaliers, en ouvrant les bras de + en plus grand, en parlant de + en plus fort...
- Travail dans les limites de leur capacité de dénombrement

Projet 3 : Trisomie 21

- Evaluation pré-post intervention :
 - ▶ Litanie
 - ▶ Dénombrement verbal: « *Peux-tu me dire combien ?* »
 - ▶ Donne-moi verbal: « *Donne-moi [n] grenouilles* »
 - ▶ Elaboration de la chaîne numérique verbale : « *Peux-tu compter à partir de, jusqu'à, de x à y, à l'envers ?* »
 - ▶ Ordinalité : « *qu'est ce qui vient avant/après n* »
 - ▶ Abstraction de la qualité des objets : Jugement de dénombrement sur le tout-partie
 - ▶ Tâche d'ajout et de retrait verbale : compréhension de la directionnalité et la fonction de succession