

LA NUMERATIE AU SERVICE DE L'AUTONOMIE

***ACCOMPAGNER LES PERSONNES AVEC DÉFICIENCE INTELLECTUELLE
DANS LES ACTIVITÉS LIÉES AUX MATHÉMATIQUES DANS LA VIE
QUOTIDIENNE***

Laurence Rousselle



NATURE DES DIFFICULTES EN MATH DANS LE SXF

- Très peu d'études
- Principalement menées chez les filles atteintes de X-Fragile, sans déficience intellectuelle (personnes dont le QI est supérieur à 70)
 - > fonctionnement relativement élevé, questionne la représentativité
- Principalement basées sur des tests standardisés (panel de tâches)
- Résultats variables suivant les critères d'inclusion
- Résultats variables suivant les points de comparaison :
 - Appariés en âge chronologique
 - Appariés en âge mental
- Certains domaines pas investigués
- Point de convergence : Retard dans les acquisitions en math

Mazzocco et al. (2016)
Murphy & Mazzocco (2008)
Mazzocco (2001)



FILLES ATTEINTES DE X-FRAGILE

PRÉVALENCE



- Environ 50 % des filles atteintes du SXF obtiennent des résultats inférieurs à la moyenne en mathématiques à la maternelle ou en première année primaire

Mazzocco (2001)



- A la fin de la troisième année, ce taux dépasse 75 % des filles atteintes de SXF et se maintient au moins jusqu'à la 1^{ère} secondaire

Murphy, Mazzocco, Gerner & Henry (2006); Mazzocco (1998);
Murphy & Mazzocco (2008a); Murphy et al.(2006) ; Mazzocco (1998).

- Le taux est encore plus important si on inclut des patients avec déficience intellectuelle
- À l'âge scolaire : retard de au moins 2 ans % âge et niveau scolaire
- Déficit persistant jusqu'à l'âge adulte

Mazzocco et al. (2016)



MATERNELLE DÉBUT PRIMAIRE 5-8 ANS

Murphy et al. (2006) :

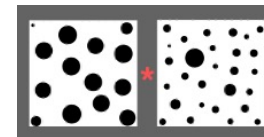
- 21 filles X-Fra entre 5 & 8 ans en maternelle ou 1^{ère} primaire, QI moyen inf
- 226 CTRL entre 5-7 ans, en 3^{ème} maternelle

Mazzocco et al. (2001)

- 9 filles X-Fra entre 5 et 8 ans, en maternelle ou 1^{ère} primaire
- CTRL appariés en âge, année scolaire et QIT

Difficultés recensées au niveau :

- Comparaison de magnitudes :
 - Comparaison de collections
 - Comparaison de nombres arabes
- Connaissance de la chaîne numérique verbale : récitation ok mais difficulté à dire le nombre qui vient après un autre
- Dénombrement d'ensembles d'objets ou d'ensembles
- Correspondance terme-à-terme
- Cardinalité : former des ensembles de x points
- Conservation du nombre KO





FIN DE CYCLE PRIMAIRE-DÉBUT SECONDAIRE 10-14 ANS

Murphy et Mazzocco (2008) :

- 14 filles X-Fra entre 10 et 12 ans (P4, P5 et P6), QI dans la moyenne
- CTRL appariés au niveau QI

Murphy et Mazzocco (2008) :

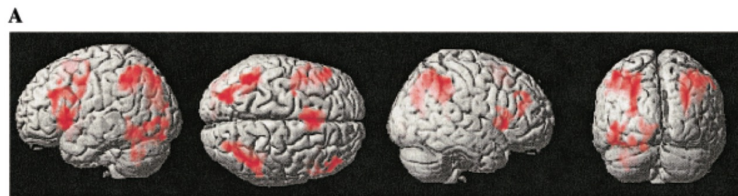
- 9 filles X-Fra entre 12 & 14 ans en P6, S1 et S2
- CTRL principalement en 6^{ème} primaire
- CTRL appariés en âge mental

Difficultés recensées au niveau :

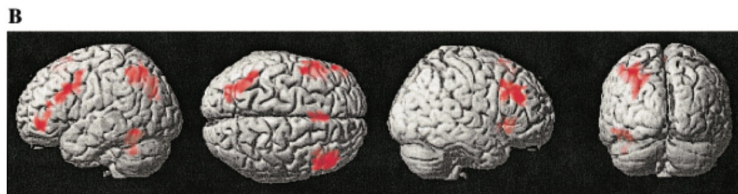
- Ordonner des fractions et des nombres décimaux
- Arithmétiques : $28+4$ ou $26-8$
 - Additions & soustractions
 - nombres entiers
 - décimaux
 - fractions

CORRELATS NEURO-ANATOMIQUES

- SXF: activation cérébrale significative dans le cortex préfrontal bilatéral et le gyrus angulaire gauche
- Moins d'activations cérébrales que les sujets CTRL lors des calculs (2 et 3 opérandes)
- Pas d'augmentation de l'étendue de l'activation quand la complexité augmente
- Pour les calculs à 3 opérandes, le pattern d'activation (au niveau préfrontal & pariétal) était positivement corrélé avec le degré d'expression du gène FMR1



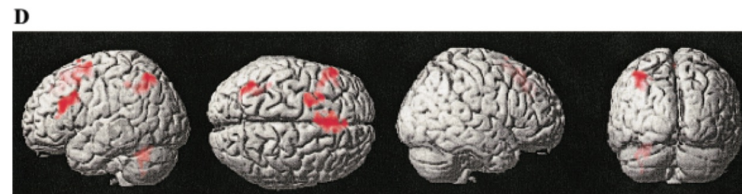
(unaffected: 2-operand activation)



(fraX: 2-operand activation)



(unaffected: 3-operand activation)



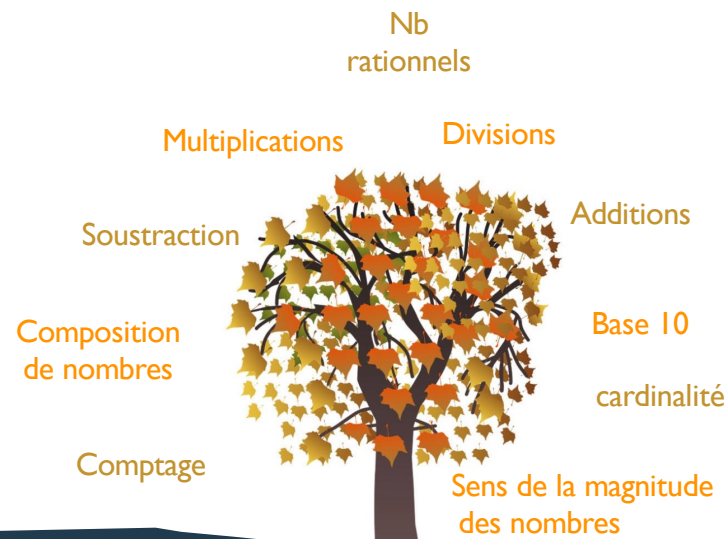
(fraX: 3-operand activation)

IRM fonctionnelle

- 16 filles X-Fra
- 16 filles CTRL appariées en âge
- Vérification de calculs impliquant des additions et soustractions à 2 ou 3 opérandes (effet de complexité)

Rivera et al. (2002)

AUX SOURCES DES COMPÉTENCES EN MATHÉMATIQUES



Présence de difficultés d'apprentissage en mathématiques de nature très variables dans le SXF à tous les étages

Variabilité importante des manifestations

... suivant l'âge
... suivant l'importance des mutations génétiques
... suivant les ressources cognitives

Paramètres liés au patient

Paramètres liés à l'étude

... suivant les critères d'inclusion
... suivant les points de comparaison
... suivant les définitions
... suivant les tests utilisés

PROFIL COGNITIF

La cause la plus fréquente de retard mental héréditaire

- ♂ RM modéré à sévère
- ♀ en général RM plus limité

Cornish et al. (2004);
Cornish et al. (2012)

Déficits visuo-constructifs
et d'intégration visuo-
motrice (coordination oculo-
manuelle, écriture...)

Troubles moteurs

Chen et al. (2022)

Difficulté pour l'acquisition de
la lecture

Bayley et al. (2009);
Adlof et al. (2014, 2015)

Troubles d'apprentissage en
mathématiques

Mazzocco, 2001;
Murphy et al. (2008,
2009); Defrennes et al.
(2018) Silva-Martins
(20022)

Mémoire à LT souvent
mieux préservée surtout
en modalité visuelle
(images, schémas, ...)

Cornish et al. (2007)

SYNDROME
X-FRAGILE

Retard de langage oral

- Retard d'apparition
- Articulation, prosodie et syntaxe = faiblesses
- Lexique = force relative
- Pragmatique : écholalie, phrases stéréotypées

Troubles de la
communication

Cornish et al. (2004);
Rondal & Comblain
(2009)

Troubles exécutifs
(inhibition, flexibilité)

Woodcock, Oliver & Humphreys (2009);
Wilding, Cornish & Munir (2002); Van der
Molen et al. (2010); Munir, Cornish &
Wilding (2000); Johnson-Glenberg (2008);
Lanfranchi, Cornoldi, Drigo et Vianello
(2009); Van der Molen et al. (2010);
Cornish et al. (2004; 2008; 2012)

Troubles en Mémoire à
court terme & de travail

Troubles
attentionnels

AUX SOURCES DES COMPÉTENCES EN MATHÉMATIQUES



**Déficit du sens des nombres
mais profil cognitif peu favorable**

DÉBAT ACTUEL

Déficit primaire : Trouble spécifique de la cognition numérique (sens du nombre)

Déficit secondaire : Effet de facteurs cognitifs généraux importants pour le développement numérique (trouble multidéterminé)?

IMPACTS FONCTIONNELS

Déficits en mathématiques peuvent fortement entraver le **fonctionnement général** de la personne.

→ D'autant plus chez les personnes qui présentent une DI



Ils peuvent également affecter :

La **Qualité de vie** de la personne (Faragher and Brown, 2005)

- Prises de décision libre et éclairées (expl: choix achat)
- Perception de ses propres habiletés à répondre aux demandes de l'environnement quand traitements mathématiques

Les perspectives **d'inclusion** dans la société (Raspa et al., 2018)

- Accès à une vie autonome
- Accès à un emploi rémunéré

COMMENT INTERVENIR?

- Réduire réduire au maximum les impacts fonctionnels
- Recommandation actuelle :



Objectif Qualité de Vie et autodétermination

(Heras et al., 2021, Verdugo et al., 2012)

COMMENT INTERVENIR?

- Intervenir sur les compétences numériques en elles-mêmes : OUTILLER
- Comprendre le fonctionnement cognitif global de la personne
- Différentes approches :



Approche centrée sur les compétences individuelles

Optimiser le fonctionnement cognitif
Développer les stratégies
Prendre conscience de ses ressources

Difficultés

Contexte

Approche centrée sur l'environnement

Aménager
Donner des aides
Prothèse mentale



DÉVELOPPER LES OUTILS DE QUANTIFICATION

COMPTAGE ET DÉNOMBREMENT



COMPTER...



KESAKO?

COMPTAGE

- Réciter la suite des noms de nombres dans l'ordre

Partie stable et conventionnelle	Partie stable non conventionnelle	Partie non stable et non conventionnelle
1..2..3..4	6..8..9	14..16..13..5
1..2..3..4	6..8..9	12..15..16..13
1..2..3..4	6..8..9	14
1..2..3..4	6..8..9	12
1..2..3..4	6..8..9	15..13..11
1..2..3..4	6..8..9	8..4

Mais pas que...

Apprendre jongler avec...

COMPTAGE

NIVEAU

chapelet

- Noms de nombre non individualisés, n'ont de sens que dans la suite
- Chaîne ne peut être récitée qu'à partir de 1 et dans son entièreté

chaîne insécable

- Mots individualisés, comptage à partir de 1
- Peuvent compter combien de, compter jusqu'à

chaîne sécable

- Emergence des relations entre les mots-nombre
- Comptage avec bornes (jusqu'à et à partir de), début du comptage à rebours, trouver le nombre qui vient avant/après

chaîne bidirectionnelle

- Relation entre les mots-nombre, totalement maîtrisées dans les 2 sens
- Les nombres eux-mêmes peuvent être comptés
- Compter à l'endroit ou à rebours, n éléments à partir d'une borne, de x à y pour dire combien d'éléments entre eux.

Apprendre jongler avec...

- Compter jusqu'à un nombre
- Compter à partir d'un nombre
- Compter entre 2 nombres
- Compter les nombres eux-mêmes
- Compter à rebours

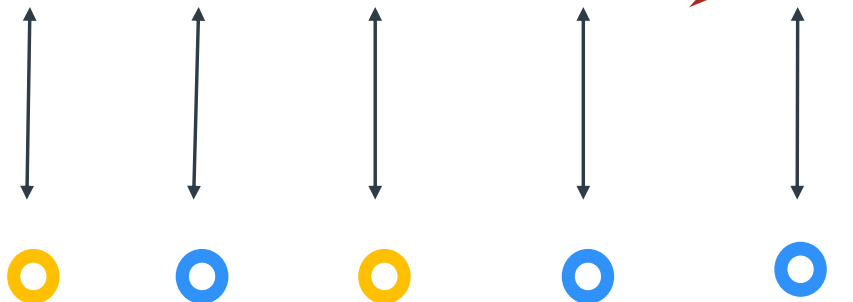
>> outil flexible et adaptable aux situations

DÉNOMBREMENT

- Coordination récitation-pointage
- Activité qui permet de déterminer le cardinal d'une collection

« Combien y a-t-il de jetons? »

/un/ /deux/ /trois/ /quatre/ /cinq/



5 principes

Ordre stable et conventionnel

Correspondence terme-à-terme

Cardinal

Abstraction

Les entités distinctes

Non pertinence de l'ordre dénombrement $\neq$ étiquetage

Comment compter ?

Quoi compter ?

Dénombrement

Procédure

Principes

Récitation

Pointage

Coordination

Niveau chapelet

Marquage
(attentionnel)

Rythme

insécable

sécable

Bidirectionnelle

Ordre stable

correspondance
terme-à -terme

Cardinalité

non pertinence
de l'ordre

Abstraction

COMPLEXE





Principes de base:

- Explorer séparément la maîtrise de ces différentes sous-compétences
- Travailler chacune séparément
- Les imbriquer progressivement dans des procédures de complexité croissante

Forward chaining technique, McWilliams et al. (1990)

ENTRAINER LA RECITATION

- Cible de l'intervention
 - Connaissance de la chaîne numérique verbale
 - Automatisation
 - Flexibilité
 - Transfert aux activités de dénombrement (transfert proche) et de calcul (transfert éloigné)
- Jeunes enfants avec troubles du langage (3 à 5 ans)

Raimbault et Lafay (2021)

ACTIVITÉS
Comptines chantées sur les nombres
Compter en montant les marches de l'escalier
Lecture
Récitation de la comptine numérique orale en pointant les chiffres en code arabe sur la ligne numérique

En utilisant l'outil scripteur : Réciter la comptine numérique et barrer au fur et à mesure les chiffres écrits sous forme arabe, ou écrire les chiffres sur une ardoise magique et réciter la comptine numérique en même temps
Compter jusqu'à 10 en associant chaque nombre à la représentation digitale correspondante
Comptine numérique pressant les doigts sur la table à rythme régulier

ENTRAINER LA RECITATION

Jeu du ballon :
Se lancer une balle
ou un ballon en
récitant la comptine
numérique

Jeu des cerceaux :
Sauter dans des
cerceaux en récitant la
comptine numérique

Réciter la comptine
numérique en faisant
des jumpings jacks

Frapper dans ses
mains en récitant la
comptine numérique

Réciter la comptine
numérique jusqu'au
nombre indiqué par
le dé

Jeu de l'escalier :
Réciter la comptine
numérique en faisant
monter les marches
d'un escalier miniature
à des figurines

Jeu de la fusée :
Réciter et faire décoller
une fusée en mousse
lorsqu'un nombre
défini préalablement
est atteint

Compter à partir de :
Récitation jusqu'à X,
arrêt et reprise par
l'autre à partir de X

Compter à partir de :
Récitation jusqu'à X
avec appui de la ligne
numérique, arrêt et
reprise à partir de X

Compter à partir de :
Compter dans sa tête
puis à voix haute à
partir de X

Compter à partir de :
Jeu du tambour

Compter entre deux
bornes :
Jeu de dés

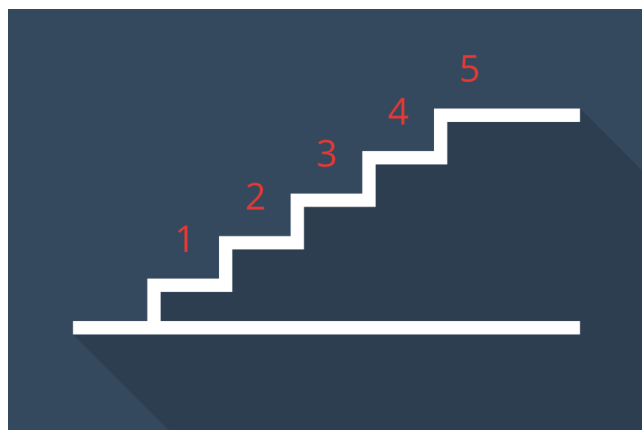
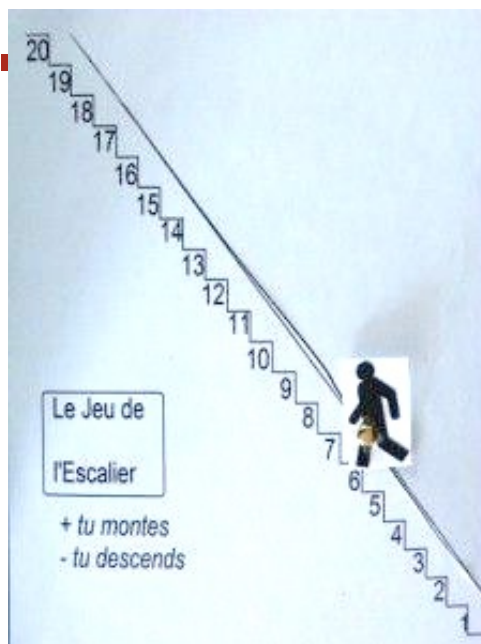
Compter entre deux
bornes :
Sauter dans des
cerceaux (qui peuvent
contenir des cartes
avec des chiffres) en
récitant la comptine
numérique

Compter à rebours :
Récitation comptine
numérique orale à
l'envers en pointant la
comptine numérique
en code arabe

Traverser tout le bureau en
reculant tout en récitant la
comptine numérique à l'envers
chacun son tour

Compter à rebours :
Sauter dans des
cerceaux en récitant la
comptine numérique
à l'envers

Compter à rebours :
Jeu de l'escalier



TRAVAILLER LE SENS



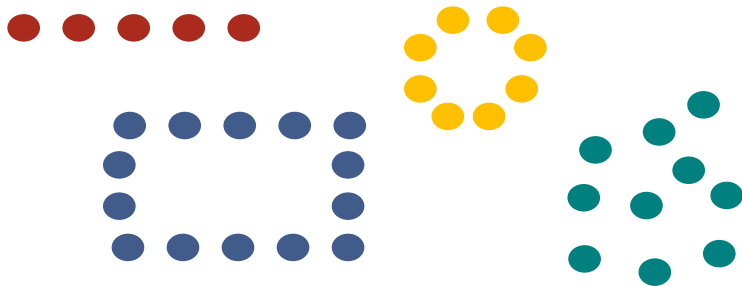
RÉSULTATS

- Effet sur la comptine = automatisation de la comptine numérique
- Transfert de l'intervention sur le dénombrement
→ meilleure maîtrise des principes de dénombrement
- Transfert de l'intervention sur le calcul
→ hypothèse partiellement confirmée (amélioration chez 1/3 des participants en calcul d'additions)
- Maintien dans le temps (3 mois après l'intervention)
→ Performances après 3 mois meilleures qu'avant l'intervention mais moins bonnes qu'immédiatement après la PEC : nécessité de pratiquer

ENTRAINER LE DÉNOMBREMENT

- Cible de l'intervention :
 - Récitation
 - Pointage
 - Coordination : correspondance terme à terme
- ♀ de 6 ans : difficultés comptage, dénombrement et pointage

Noël & Karagiannakis, 2020



Récitation isolément

- Réciter la chaîne en intercalant un geste (frapper dans les mains, geste + en + long)
- Réciter la chaîne en intercalant un son (dire « ah », sons + en + long)
- Réciter la chaîne en alternance avec le thérapeute (+ en + rapidement)

Travail du pointage isolément

- barrage de cible sur papier/objets
- pointage avec doigt trempé dans peinture
- pointage avec des objets

Arrangement des collections:

linéaire > rectangulaire > en cercle > enfin aléatoire

Coordination

Travailler le rythme

LE DÉFI DE LA GÉNÉRALISATION

Le transfert d'apprentissage

- = Ré-utilisation de connaissances/compétences apprises et suffisamment maîtrisées, dans un autre contexte qui implique une tâche qui partage un minimum d'éléments communs (mais pas tous) avec la tâche initiale, ce qui justifie les efforts d'adaptation ce nouveau contexte.
- Le transfert des effets d'un entraînement cognitif à des situations de vie réelle = challenge pour tous
- Défi particulier dans le domaine des nombres car les nombres sont utilisés dans des contextes extrêmement variés avec des significations différentes.

Prendre 3 œufs



- Difficulté ++ pour les personnes avec DI



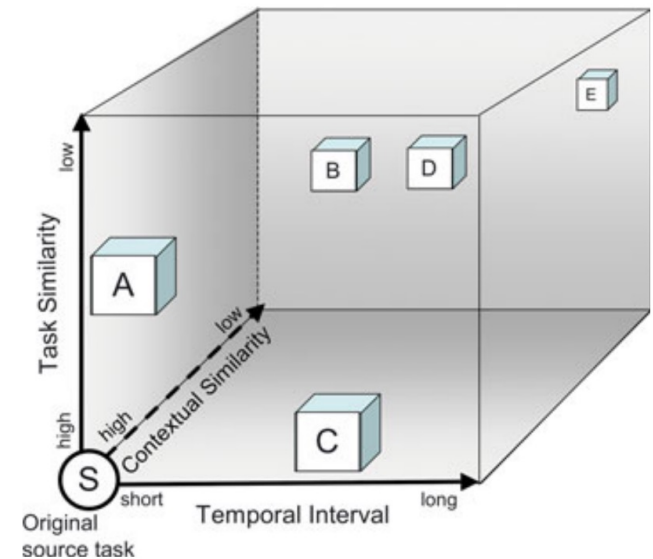
Luxembourger et al. (2014)

LE DÉFI DE LA GÉNÉRALISATION

Pourquoi?

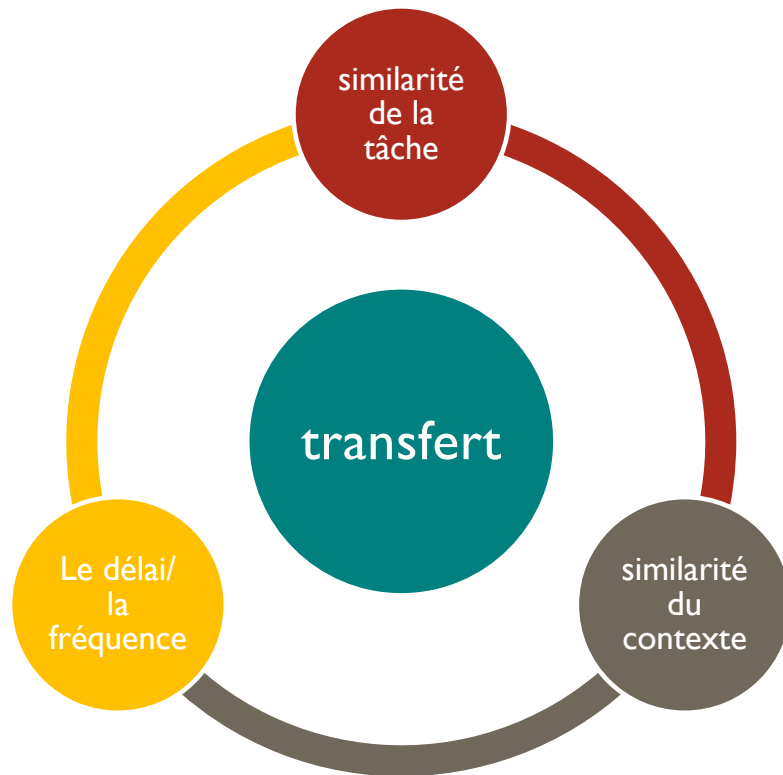
- Difficultés de reconnaître les similarités entre les tâches cognitives décontextualisées et les situations de vie réelle
- Le transfert à certains contextes peut être travaillé
- Mais l'usage des stratégies reste dépendant du contexte dans lequel elles ont été entraînées

Luxembourg et al. (2014)



Modèle tri-dimensionnel du transfert
Klahr & Chen (2011)

LE DÉFI DE LA GÉNÉRALISATION



3 axes pour favoriser le transfert :

- **Similarité de la tâche:** Plus les tâches partagent d'éléments identiques, plus la probabilité d'observer le transfert est grande.
- **Similarité du contexte :** Le transfert d'apprentissage faisant appel à la mémoire, il est probable que le recours à des indices contextuels favorise le transfert, et ce d'autant plus que les contextes sont similaires
- **Le délai :** Plus le délai est court entre le travail de la tâche source et son implémentation dans la vie quotidienne, plus la trace des connaissances/compétences est disponible en mémoire et plus la probabilité d'observer le transfert est grande.

Luxembourger et al. (2014), Klahr & Chen (2011)

EN PRATIQUE...

TRANSFERT À LA SITUATION DE VIE RÉELLE

Analyse fonctionnelle des tâches

- Activités de la vie quotidienne = complexes
- A décomposer en micro-unités
- A travailler isolément
 - Similarité de tâche
 - Similarité de contexte
- Puis à assembler progressivement
- À entrainer pour faire une routine



Principes d'intervention :

- Instruction explicite
- Séquençage en activités courtes
- Respect de la zone proximale de développement
- Pratique répétée et fréquente
- Utilisation du jeu, pour la motivation

METTRE LA TABLE POUR X PERSONNES

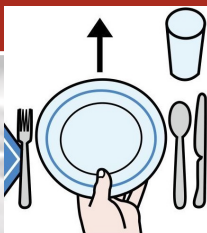


Séquençage en activités courtes

Connaissances

- Réciter
- Pointer
- Coordonner
- Traitements visuo spatiaux
- Division de l'espace
- Connaissance de la disposition des éléments

Plusieurs éléments /
Plusieurs personnes ...



... à dénombrer



... à placer



METTRE LA TABLE POUR X PERSONNES



Respect de la zone proximale de développement

Compétences
individuelles

Mémorisation

Dénombrer hors
contexte puis en
contexte dans les
 tiroirs/ armoires

Division de forme en zones égales
hors/ en contexte

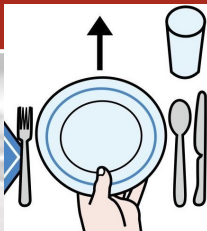
Environnement

Pictogramme

Sous supervision/
Préparation du bon nb
d'assiettes par autrui,

Utilisation de repère visuel
(1 assiette pour 1 chaise/set de table)

Plusieurs éléments /
Plusieurs personnes ...



... à dénombrer



... à placer



COMPOSER SON CODE



1

- Lexique des chiffres arabes et des nombres verbaux oraux de 0 à 9

2

- Transcodage : nombre verbal > nombre arabe

3

- Mémoire à long terme: réciter comme une chanson mais avec une certaine flexibilité (segmenter la production du code : cfr récitation)

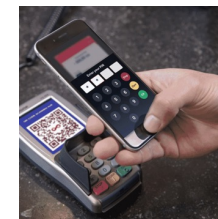
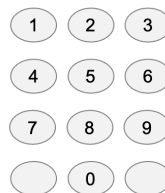
4

- Coordination verbal-visuo-moteur: travailler la synchronisation des rythmes (cfr récitation) 1 chiffre > 2 chiffres > 3 chiffres > 4 chiffres

5

- Métacognition : Monitoring de l'activité en cours : où j'en suis dans mon code (ressources en mémoire de travail)?

Favoriser le transfert
Entraînement quotidien :
feuille de papier > pavé numérique
similaire > en contexte réel



RELEVER SON INDEX DE COMPTEUR



Favoriser le transfert
Entraînement fréquent puis espacé

1

- Lecture des chiffres arabes 0 à 9

2

- Ecriture des chiffres arabes 0 à 9

3

- Transposition des chiffres sur un autre plan (traitement visuo-spatiaux) > > faire une photo, alignement avec la virgule



						,				
m³										
						,				
m³										

FAIRE SES COURSES



Activité extrêmement complexe

Barrer l'article/
Passer au suivant

Recette

Liste de
course

Préparer
l'argent

Se repérer
dans le
magasin

localiser
chaque
article

Dénombrer
(prendre le
bon nombre)

payer le
tout

vérifier la
monnaie

Planification

En magasin

Caisse

Traitements
numériques

Compréhension des nombres
(rationnels?)
Ecriture des nombres
Estimation des prix (à la hausse)
Préparation de l'argent

Dénombrer les articles
Ou images des produits à barrer
Application



Lecture/Compréhension des
nombres
Traduction en argent
Opérations arithmétiques
(différence)
Code bancaire



CONCLUSION & RECOMMANDATIONS

- Développer les outils numériques est une condition nécessaire mais non suffisante (outils sont utilisés de manière inflexible, dans des contextes spécifiques)
- Travailler le transfert à d'autres contextes en augmentant la similarité de la tâche et du contexte
- La pratique fréquente et délai court entre les entraînements favorise les apprentissages et le transfert
- Consignes explicites
- Séquençage en activités courtes
- Rester dans la zone proximale de développement sinon simplifier encore
- Aménager l'environnement



MERCI DE VOTRE ATTENTION

