

BILINGUISME ET APPRENTISSAGES DES MATHÉMATIQUES

Penser les mathématiques pour les élèves allophones

Séminaire académique CASNAV de LILLE ; le 09 janvier 2020

Sandrine Mejias, MCF, Université de Lille

Sandrine.Mejias@univ-lille.fr

LE BILINGUISME...

- L1 : première langue acquise



- L2 : seconde (ou +) langue(s)



LE BILINGUISME...

Et langue d'apprentissage des mathématiques

- L1 : première langue acquise



- L2 : seconde (ou +) langue(s)



- LA+ : langue d'apprentissage des mathématiques



L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Un domaine toujours en évolution

Plan :

- Comment aborder le développement typique du nombre en 2020 ?
- Rôle particulier de la langue d'apprentissage des mathématiques (LA+)
- Bilinguisme : quels avantages cognitifs?
- Les facteurs influençant le bon développement des capacités mathématiques

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Comment aborder le développement typique du nombre en 2020 ?

Un modèle de référence actuel : Le modèle du triple code de Dehaene (1992, 1995)



Code des quantités

Comparaison de nombres ;
estimation ; manipulations
quantitatives approchées
(ex. soustraction)



L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Comment aborder le développement typique du nombre en 2020 ?

Un modèle de référence actuel : Le modèle du triple code de Dehaene (1992, 1995)

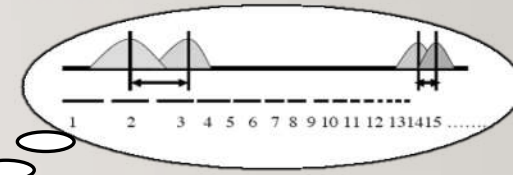


Code des quantités

Comparaison de nombres ;
estimation ; manipulations
quantitatives approchées
(ex. soustraction)



Le sens du nombre



Code verbal

Compréhension
orale et production
de tables apprises
par cœur (ex.
multiplication)

/trois/



3

Code arabe

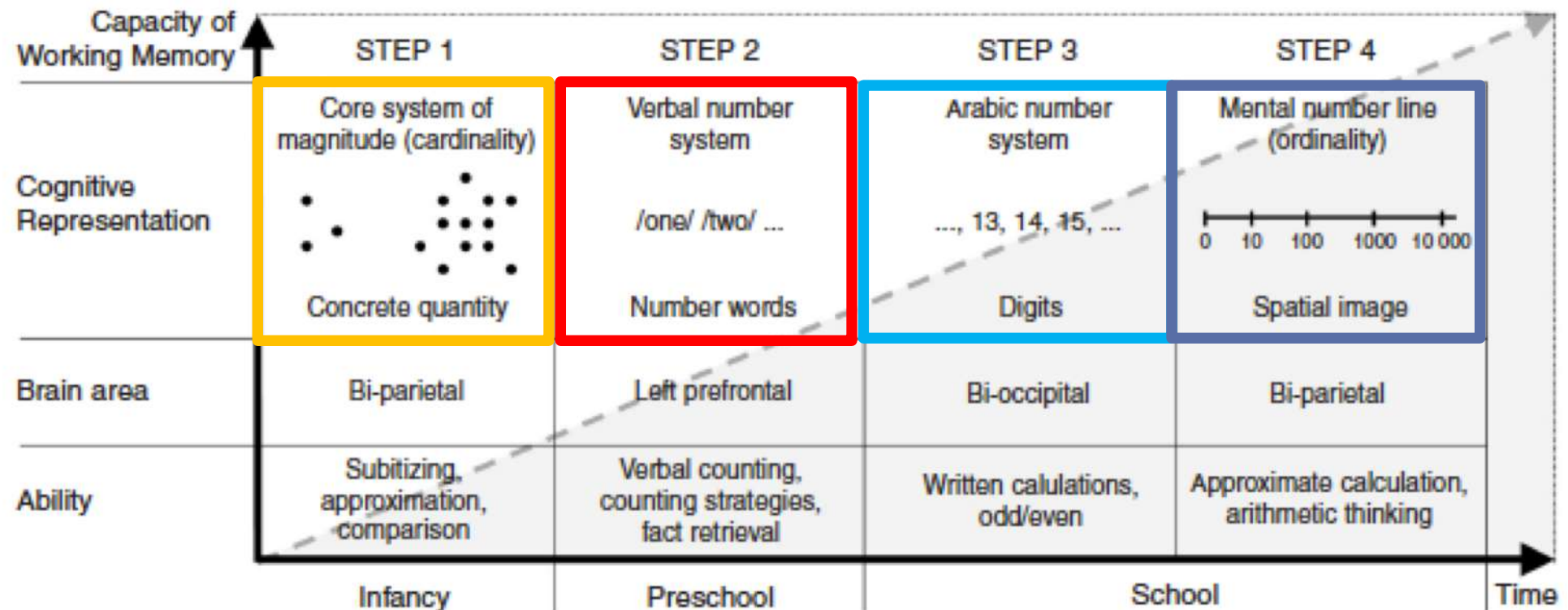
Lecture et écriture
de calculs à
plusieurs chiffres
en chiffres arabes



L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Comment aborder le développement typique du nombre en 2020 ?

Un modèle développemental « 4 étapes » de Von Aster & Shalev, 2007

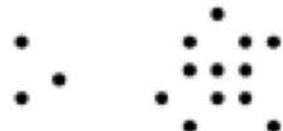





Intégrités des compétences précoces

Qualité de l'environnement



Capacity of Working Memory	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4
Cognitive Representation	<p>Core system of magnitude (cardinality)</p>  <p>Concrete quantity</p>	<p>Verbal number system</p> <p>/one/ /two/ ...</p> <p>Number words</p>	<p>Arabic number system</p> <p>..., 13, 14, 15, ...</p> <p>Digits</p>	<p>Mental number line (ordinality)</p>  <p>Spatial image</p>
Brain area	Bi-parietal	Left prefrontal	Bi-occipital	Bi-parietal
Ability	Subitizing, approximation, comparison	Verbal counting, counting strategies, fact retrieval	Written calculations, odd/even	Approximate calculation, arithmetic thinking
	Infancy	Preschool	School	Time

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Comment aborder le développement typique du nombre en 2020 ?

L'acquisition du **code verbal** en français...

- Nécessite l'apprentissage d'un **lexique** (un mot = une cardinalité précise)
 - En français, la lexicalisation est utilisée :
 - ✓ de un à seize ; pour les dizaines (vingt, trente, ...) ; cent, mille, million et milliard
- Et d'une **combinatoire**, i.e., règles traduisant des combinaisons
 - ✓ « additives » (trente-six) ou « multiplicatives » (quatre-vingts ; trois cents)

→ Système écologique permettant de produire et de comprendre un nombre infini de formulations

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Comment aborder le développement typique du nombre en 2020 ?

L'acquisition du **code verbal** en français...

UN DEUX TROIS QUATRE CINQ SIX SEPT HUIT NEUF

DIX

ONZE DOUZE TREIZE QUATORZE QUINZE SEIZE

VINGT TRENTE QUARANTE CINQUANTE SOIXANTE

SOIXANTE-DIX (FR) / SEPTANTE (BE)

QUATRE-VINGTS (BE – FR) / OCTANTE – HUITANTE (CH)

QUATRE-VINGT-DIX (FR) / NONANTE (BE)

ZERO CENT MILLE MILLION MILLIARD

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Comment aborder le développement typique du nombre en 2020 ?

L'acquisition du **code verbal** en français...

- ✓ La base dix n'apparaît pas immédiatement
11 → « onze » versus « dix-un »
- ✓ Apprentissage par cœur jusque « seize »
- ✓ Source d'erreurs particulières (« trente-neuf, trente-dix, trente-onze ») non observées chez les enfants asiatiques

= Lent et difficile

	Français	Chinois
1	Un	Yi
2	Deux	Er
10	Dix	Shi
11	Onze	Shi Yi
12	Douze	Shi Er
20	Vingt	Er shi
21	Vingt et un	Er shi yi
22	Vingt-deux	Er shi er

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Comment aborder le développement typique du nombre en 2020 ?

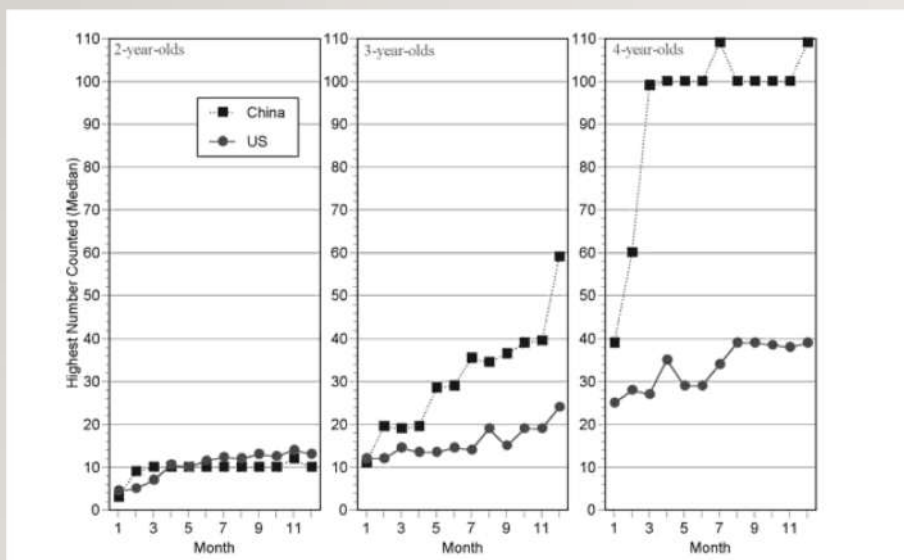
L'acquisition du **code verbal** en français et dans d'autres langues ...

- Le manque de transparence de la base dix rend difficile l'apprentissage du fait que la position d'un nombre renvoie à une valeur : $42 \rightarrow 4 = \text{dizaines}$ et $2 = \text{unités}$... et non l'inverse !
- Dans certaines langues (allemand, néerlandais ou l'arabe) la structure verbale est différente avec un ordre unité-dizaine : $42 \rightarrow$ le 2 est énoncé avant le 40 (i.e., 42 se dit *tweeënveertig*, en nl, soit littéralement « deux et quarante »).
- De plus, certaines langues comme le français (en France...) ou le basque utilisent un système vigésimal. Au lieu de se baser sur un système en base 10, allant de dizaine en dizaine (i.e., *twenty, eighty, etc.*, en anglais), une base vingt est utilisée : 93 est prononcé $4 \times 20 + 13$, quatre-vingt-treize.

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Comment aborder le développement typique du nombre en 2020 ?

L'acquisition du **code verbal** en français et dans d'autres langues ...



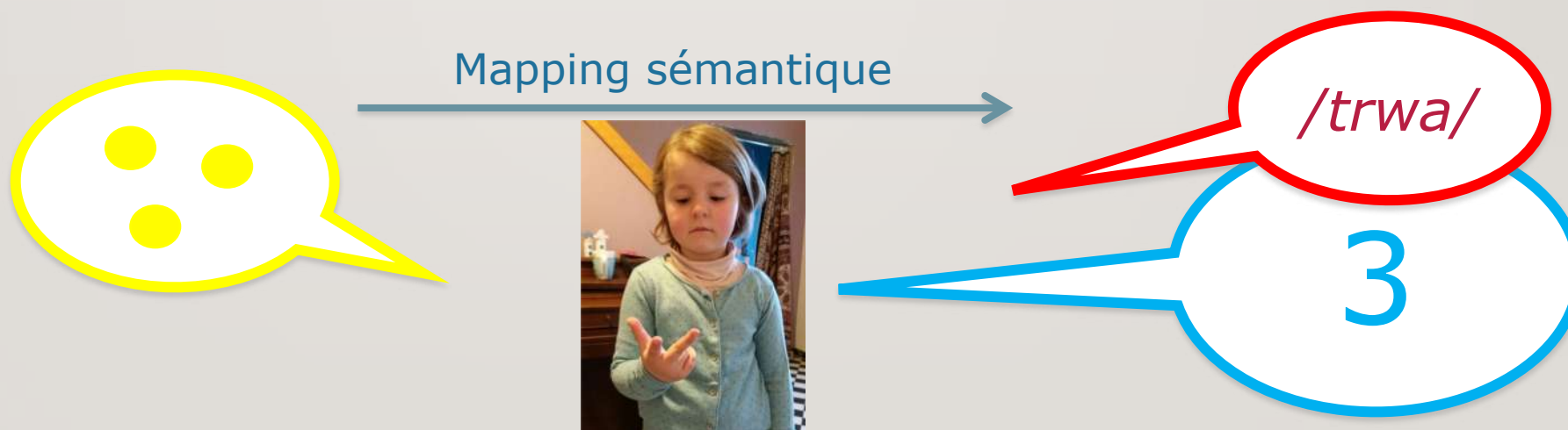
- Les enfants asiatiques comprennent plus tôt « la valeur positionnelle » (dans les nombres à 2 chiffres).
- Les caractéristiques du code verbal influencent :
 - les représentations cognitives des nombres
 - les performances mathématiques des enfants.

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Comment aborder le développement typique du nombre en 2020 ?

La congruence ou « la transparence » entre le **code arabe** et le **code verbal**

- facilite l'apprentissage des transcodages (ou « mapping sémantique »), la rapidité du transcodage ainsi que l'utilisation des chiffres arabes ☆
- facilite la résolution des opérations simples et avec retenues



L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Rôle particulier de la langue d'apprentissage (LA+)

2 types d'opérations

1. Les faits arithmétiques

- correspondent aux opérations simples (+, x) dont les opérands sont $<$ à 10
- « $3 \times 2 = 6$ » \rightarrow seraient stockés en MLT sous forme d'associations verbales
- activation de zones liées au langage lors de la récupération de la réponse



2. Les opérations complexes

- correspondent aux opérations dont les opérands sont $>$ à 10
- « $93 + 28$ » \rightarrow nécessitent l'application de procédures et impliquent la MdT pour retenir la réponse intermédiaire
- mobilisent des zones liées à la représentation visuo-spatiale



rôle du langage



L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Rôle particulier de la langue d'apprentissage (LA+)

Bilinguisme ?

- ✓ plusieurs codes verbaux numériques « *différents* »
- ✓ traitement + lent des opérations mathématiques (quelque soit la langue...)
- Distinguer langue d'acquisition des mathématiques (LA+) versus autre langue (LA-) plutôt que « L1 & L2 »
 - utilisation préférentielle de la LA+ pour traiter les opérations mathématiques
 - plus grande rapidité et efficacité dans la LA+ pour la récupération des faits arithmétiques et la réalisation d'opérations complexes (et peu importe la L1!)

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Rôle particulier de la langue d'apprentissage (LA+)

Bilinguisme, *au niveau cérébral* ... 

1. Les faits arithmétiques

✓ LA+ : activent davantage que LA- une zone temporale gauche → récupération en mémoire

2. Les opérations complexes

✓ LA- : activent davantage des régions cérébrales postérieures → visualisation interne du problème, spécifiquement sollicitée lors du calcul dans LA-

➤ *la langue d'acquisition des mathématiques influence la mobilisation des processus cognitifs des bilingues même longtemps après l'apprentissage*

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Rôle particulier de la langue d'apprentissage (LA+)

Bilinguisme et coût cognitif...

- le coût cognitif se traduit par
 - ✓ une augmentation du taux de mauvaises réponses
 - ✓ une augmentation du temps de réaction
 - le coût cognitif se manifeste
 - ✓ surtout lorsqu'il y a un changement de LA+ vers l'autre langue indépendamment de la maîtrise de cette autre langue.
- *ce n'est pas la langue dominante des bilingues qui influence les performance en calcul, mais bien la langue d'apprentissage de l'arithmétique : LA+*

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Rôle particulier de la langue d'apprentissage (LA+)

Bilinguisme et coût cognitif, *en résumé*:

- Si la langue d'apprentissage (LA+) est congruente avec la langue de *rappel*, il semble y avoir :
 - ✓ une plus grande facilité de rappel
 - ✓ une meilleure précision dans les réponses
- les connaissances arithmétiques sont stockées en mémoire à long terme dans la LA+ et plus facilement accessibles dans cette même langue
- la mémoire de travail verbale pourrait être plus facilement mobilisée en LA+, car l'utilisation de cette dernière pourrait faire partie d'une procédure plus automatisée en LA+ qu'en LA-.

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Bilinguisme : quels avantages cognitifs?

Le bilinguisme favorise-t-il le développement des fonctions exécutives ?

... très controversé ...

favoriserait la flexibilité cognitive, l'inhibition et l'actualisation (*updating*)



6 x 3
18 ou 24

Rôles importants dans l'arithmétique

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Bilinguisme : quels avantages cognitifs?

Le bilinguisme favorise-t-il le développement des fonctions exécutives ?



... très controversé ...



- Corrélation entre bilinguisme et performances mathématiques chez les enfants jeunes
- Les bilingues e.g. FR-ALL (D-U/U-D) montrent une meilleure flexibilité et un avantage en arithmétique

- Problème de puissance statistique (échantillon trop petit)
- Variables confondues:
 - statut socio-économique
 - statut migratoire
 - différences culturelles
 - biais de publication
 - biais au niveau des tests neuropsych

➤ *Fonctions exécutives et arithmétiques → processus complexes influencés par de nombreux facteurs...*

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Les facteurs influençant leur bon développement

Le statut socio-économique (SSE)

- Impacte le fonctionnement cognitif de façon générale et les mathématiques en particulier

Les enfants au faible SSE présentent un retard d'apprentissage quant aux compétences numériques simples

- comparaison de nombres
- résolution de problèmes simples (petites additions et soustraction).

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

Les facteurs influençant leur bon développement

Les enfants venant de milieux précarisés, ...

- sont plus à risques de présenter un faible niveau de prérequis importants pour l'entrée au CP
 - présentent des difficultés qui perdurent tout au long de leur scolarité et leur vie d'adulte
 - au niveau cérébral, activations des zones visuo-spatiales en lieu et place des zones verbales lors de résolutions de problèmes arithmétiques
- *Le SSE, tout comme le bilinguisme, peut influencer le type de stratégie de résolution des problèmes arithmétiques.*

Remarque: ces enfants bénéficient davantage des activités / dispositifs favorisant leur développement

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

en guise de conclusion ...

Etre attentif au *bilinguisme* (L1-L2) et à la langue d'apprentissage des maths (LA+)

- Le changement de langue engendre un coût cognitif ayant des conséquences négatives sur les performances arithmétiques (dû au *stockage verbal*)
- La question reste ouverte quant au potentiel avantage cognitif qu'apporte le bilinguisme

Etre attentif « au choix » de la langue du cours des mathématiques

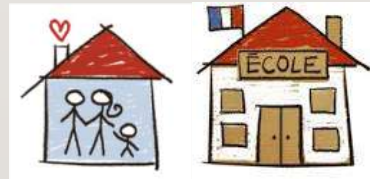
- Un changement de langue au cours du cursus semble engendrer une difficulté supplémentaire
- le cas en contexte migratoire et dans les programmes d'immersion linguistique

L'APPRENTISSAGE DES MATHÉMATIQUES

en guise de conclusion ...

Etre attentif aux dispositions à prendre afin de soutenir les apprentissages...

- De nombreuses études ont mis en évidence l'intérêt des activités numériques informelles
- Dépister et prévenir les difficultés (atelier)



-
- Merci pour votre attention

5^{ème} édition « La foire aux jeux »

Stands d'activités permettant de stimuler les capacités numériques chez les 2-9 ans.

- le 2 avril de 13.30 à 16.30 (à confirmer)
- Faculté de médecine - Université de Lille, 3^{ème} étage