



**La neuropsychologie, inspiratrice
de la psychologie.**

Exemples en arithmétique et en orthographe

Pr. Michel Fayol

Université Blaise Pascal & CNRS
Agence Nationale de la Recherche

Michel.fayol@univ-bpclermont.fr

TLM 28-29 janvier 2011 1

Un peu d'histoire..

Comment définir la psychologie?

TLM 28-29 janvier 2011 2

Définitions successives: La science de l' esprit

- John Stuart Mill (1806-1873) la psychologie comme science de l' esprit (contre Auguste Comte qui ne plaçait rien entre la biologie et la sociologie);
- Fechner (1801-1887) : idée d' expérimenter avec les phénomènes liés à l' esprit ;
- William James (1842-1910) : psychologie comme science de la vie mentale ;

TLM 28-29 janvier 2011

3

Définitions successives : Le comportement

- Pavlov (1849-1936) : le conditionnement : comment la culture se greffe sur des réactions biologiquement déterminées ;
- Thorndike (1874-1949) , comportement animal : apprentissage par formation de nouvelles liaisons S-R ; loi de l' effet;
- Watson (1878-1958), behaviorisme strict : psychologie objective, science du comportement;

TLM 28-29 janvier 2011

4

Définitions successives: Le retour de l' esprit

- Shannon & Weaver (1948) : théorie de l' information;
- Newell & Simon (1957) théorie de la résolution de problèmes ; l' ordinateur comme métaphore ; Galanter & Pribam ; Rumelhart & McClelland ;
- Chomsky..

TLM 28-29 janvier 2011

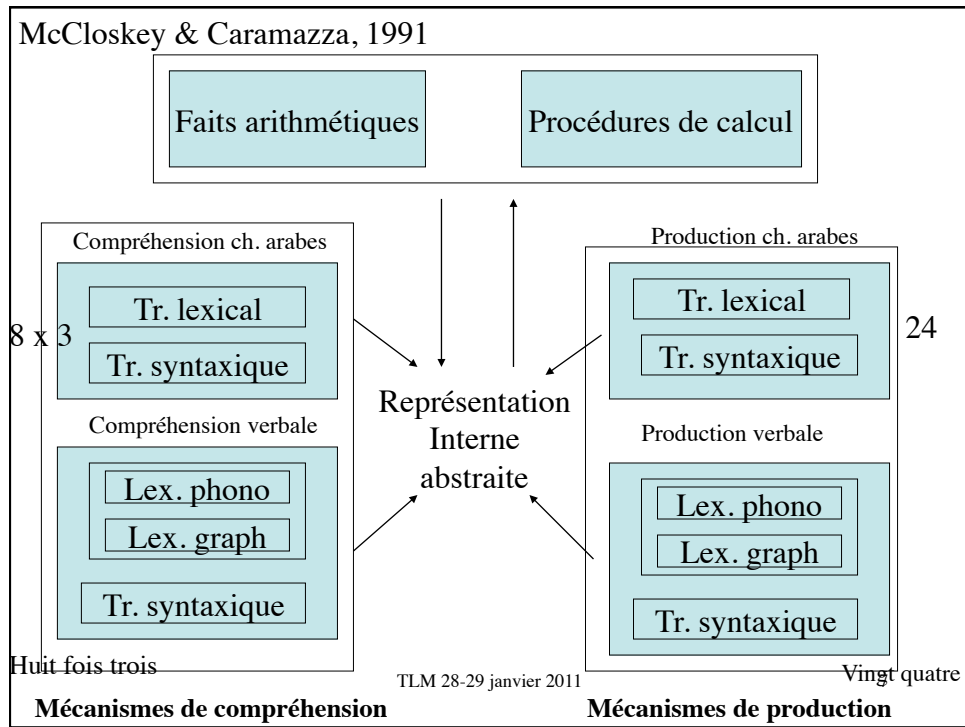
5

Années 1950-2000

- L' approche cognitive: retour à la psychologie comme étude de l' esprit; méthode expérimentale et simulations;
- Comment définir et étudier l' esprit?
- La neuropsychologie fonctionnelle : doubles dissociations; « modules » traitant des opérations précises; architectures; représentations et processus;

TLM 28-29 janvier 2011

6



Opérations et faits arithmétiques

Des troubles fréquents

Dissociations entre opérations

Delazer, 2000

- Dagenbach & McCloskey (1991): RG (72 ans): sur 100 opérations: A 25%, M 22%, S 61%;
- Pesenti et al. (1994): BB (39 ans) : A 67%, M 43%, S 92%;
- Hitmair-Delazer et al. (1994): BE (45 ans) : A 18/20, M 5/15, S 20/20;
- Cas réciproques: MAR (Dehaene & Cohen, 1997): M et A > S;

TLM 28-29 janvier 2011

9

Trois types de connaissances arithmétiques

Ashcraft, 1992, Delazer, 2000, Geary, 1994

- **Connaissances conceptuelles** relatives aux opérations et principes;
- **Connaissances procédurales** : algorithmes de calcul, comptage, routines; généralisables;
- **Connaissances déclaratives** : faits arithmétiques; instances ou chunks associant des opérands et des résultats; récupération directe en mémoire;

TLM 28-29 janvier 2011

10

Connaissances procédurales ou déclaratives

Anderson, 1983, 1993, 1995

- **Connaissances déclaratives** : $2 \times 7 = 14$; $3 + 5 = 8$; encodent des connaissances **spécifiques**; stockées dans un réseau et retrouvées par diffusion de l'activation allant des opérandes vers le ou les associés; effet de parité, **effets d'interférence**;

TLM 28-29 janvier 2011

11

Connaissances procédurales ou déclaratives

Anderson, 1983, 1993, 1995

- **Connaissances déclaratives** : $2 \times 7 = 14$; $3 + 5 = 8$; encodent des connaissances **spécifiques**; stockées dans un réseau et retrouvées par diffusion de l'activation allant des opérandes vers le ou les associés; étayé par plusieurs résultats : amorçage, effet de distance, effet de parité, effets d'interférence;
- **Connaissances procédurales**: sous forme de paires condition(s) -> action(s); quatre propriétés: modulaires, abstraites (i.e. générales), dirigées par but, asymétrie entre condition(s) et action(s); pas de sensibilité aux interférences; amorçables;

TLM 28-29 janvier 2011

12

Opérations et connaissances

- Quatre opérations :
 - **Multiplication** : connaissances déclaratives, faits arithmétiques ($3 \times 6 = 18$); mais aussi procédures diverses;
 - **Additions** : connaissances déclaratives, faits arithmétiques ($3 + 4 = 7$); connaissance procédurale : comptage (3 4 5 6 7);
 - **Soustractions** : connaissance procédurale ($7 - 4$ soit 5 6 7 soit 7 6 5); connaissance déclarative?
 - **Divisions**: connaissance procédurale s'appuyant sur les connaissances déclaratives de la multiplication;

TLM 28-29 janvier 2011

13

Apprentissage

Ashcraft, 1992; Geary, 1994

- Conception dominante:
 - **Initialement** (5 ans à 8 ans?) : addition et soustraction; dominante procédurale: le comptage (Groen & Parkman, 1972); toutefois quelques récupérations (Siegler & Shrager, 1984);
 - **Adultes** : récupération dominante mais non exclusive (70% pour additions; 80% pour multiplications; LeFevre et al., 1996a, 1996b); problèmes de pratique (Geary et al., 1997)
 - **Transition** vers CE2 (3rd grade)? Changement de dominante? Pourquoi? Comment?

TLM 28-29 janvier 2011

14

L' amorçage par le signe

L' addition reste-t-elle toujours procédurale,
au moins potentiellement?

Roussel, Fayol & Barrouillet, 2001

Fayol et Thevenot, en préparation

TLM 28-29 janvier 2011

15

$$5 + 3 = ?$$

Opérandes et signe

Quel effet de présenter le signe avant
les opérandes, à SOA variable?

TLM 28-29 janvier 2011

16

Hypothèse procédural/déclaratif

- La présentation du **signe (+ vs x) avant l'apparition des opérandes** (SOA variable) (Sohn & Carlson, 1998) devrait amorcer la résolution des additions car elle repose (aussi) sur une procédure mais pas la résolution des multiplications, qui dépend des contenus spécifiques encodés;

TLM 28-29 janvier 2011

17

Hypothèse procédural/déclaratif

- La présentation du **signe (+ vs x) avant l'apparition des opérandes** devrait **amorcer** la résolution des additions car elle repose (aussi) sur une procédure mais pas la résolution des multiplications, qui dépend des contenus spécifiques encodés;
- **Prédictions :**
 - TR réduits pour + (et -) mais pas pour x;
 - Effets classiques : effet de taille plus important pour addition que pour multiplication; interférences plus importantes avec les multiplications;

TLM 28-29 janvier 2011

18

Deux expériences

Jugement; production

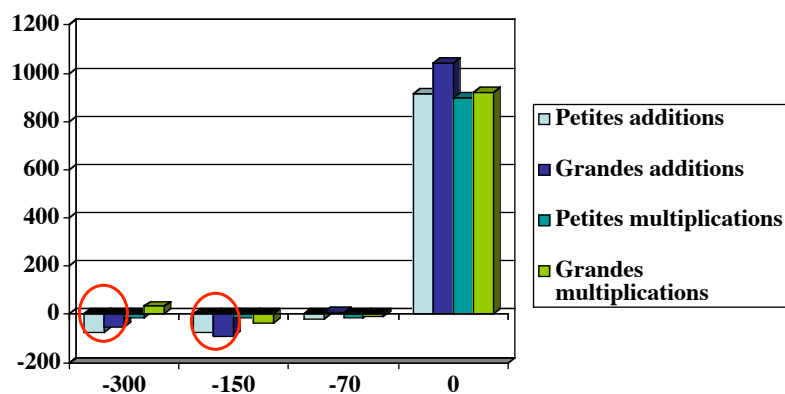
- Tâche de jugement (vrai vs faux) d'opérations ($2 \times 7 = 9?$);
- Opérations petites ($2 \times 7, 3 \times 6, 5 \times 3, 8 \times 2$) vs grandes ($4 \times 9, 6 \times 8, 9 \times 7, 8 \times 4$);
- Résultat proposé (2×7) : vrai (14), faux interférent (9), faux non interférent (10);
- Signe (+ vs x) présenté soit avant (-300, -150, -70 ms) soit en même temps (0) soit après (+150, +240, +300, +500) ms (Exp. 1 et 2); -150, 0, +150 Exp. 3;

TLM 28-29 janvier 2011

19

Gains associés à la présentation préalable du signe

Gains par rapport à la condition 0ms



TLM 28-29 janvier 2011

20

Amorçage par le signe: résultats

- Additions toujours vérifiées plus lentement que multiplications;
- **Amorçage** par le signe pour les seules additions, à -300 et -150 ms mais pas à -70 ms (temps nécessaire pour activer une procédure en MT; modèle ACT*); multiplications résolues par récupération directe en mémoire; additions « résolubles » par procédure;
- Effet de taille plus important pour additions que pour multiplications;
- Effet **d' interférence** pour les **multiplications**, pas pour les additions;

TLM 28-29 janvier 2011

21

Extension à la soustraction

Fayol et Thevenot, en préparation

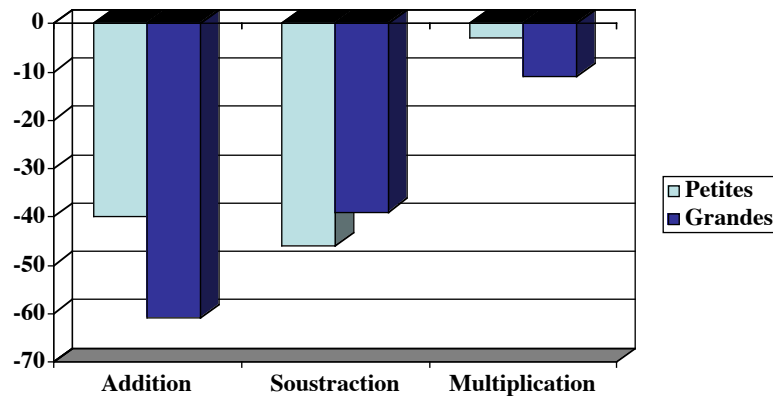
- Tâche de production (enregistrement des TR avec clé vocale);
- Adultes très bons en mathématiques (élèves ingénieurs);
- Trois opérations : Additions; Soustractions; Multiplications;
- Deux tailles: petites et grandes;
- Trois SOA : -150, 0, +150 ms

TLM 28-29 janvier 2011

22

Résultats

Gains à - 150 ms par rapport à la condition Oms



Seules l'addition et la soustraction présentent un gain associé à la présentation anticipée du signe

TLM 28-29 janvier 2011

23

Conclusion

- **Multiplications** : déclaratives ; chunks stockés en mémoire; récupérés directement; **interférences**;
- **Soustractions**: procédurales; pas d'interférences; **amorçage par le signe**;
- **Additions**: sans doute les deux, même chez les très bons calculateurs; idée d'une double voie et d'une compétition; **amorçage par le signe**;
- Pas mêmes aires? (Delazer et al. (2005);

TLM 28-29 janvier 2011

24

Production orthographique Le cas des doubles consonnes

Comment traiter des formes graphiques sans
contrepartie phonologique?

TLM 28-29 janvier 2011

25

Études de cas neuropsychologiques

- **Etudes de cas en neuropsychologie**
(*LB : Caramazza & Miceli, 1990; HE : McCloskey et al., 1994; SFI : Miceli et al., 1995; EZ: Venezzi & Cubelli, 1993*);
- Tainturier & Caramazza (1996) : FM transcrit 2044 mots dont certains incluent des DC;

TLM 28-29 janvier 2011

26

Études de cas neuropsychologiques

- **Études de cas en neuropsychologie** (LB : Caramazza & Miceli, 1990; HE : McCloskey et al., 1994; SFI : Miceli et al., 1995; EZ: Venezzi & Cubelli, 1993);
- Tainturier & Caramazza (1996) FM transcrit 2044 mots dont certains incluent des DC.
 - Le patient inclut des DC dans les items qui en comportent (e.g. giraffe -> GAFFICATE)
 - très rarement (10%) quand les items n'en comportent pas;
 - aucune erreur de ce type avec les autres digraphes;
- Selon T & C: les DC fonctionnent comme des **unités**; tendance à **dissocier l'information sur le doublement** (préservée) de **l'information sur l'identité des lettres** (souvent affectée); mais manque de précisions relatives aux items;

TLM 28-29 janvier 2011

27

Hypothèses

- Faute d'information phonologique, les individus repèrent la présence de DC mais pas toujours leur emplacement ni la nature des lettres doublées;
- Il s'ensuit des erreurs systématiques de transposition d'une DC à une autre;
- Les enfants sont plus dépendants de la phonologie que les adultes (qui disposent de connaissances orthographiques générales plus nombreuses et organisées); d'où plus grande fréquence des omissions;

TLM 28-29 janvier 2011

28

Expérience

Adultes

TLM 28-29 janvier 2011

29

Les DC Fréquentes et Rares chez les adultes

- **Population** : 54 adultes de 19 ans (IUT Finance et Sciences);
- **Matériel** :
 - **Six trames phonologiques** avec deux consonnes intermédiaires (entre S1 et S2 puis entre S2 et S3): /pitegur/, /lirobâ/, /finodys/, etc.
 - Chaque trame associée à **trois formats orthographiques** (NB autant de DC de chaque catégorie entre S1S2 qu'entre S2S3) :
 - Sans DC : pitegure
 - Avec DC fréquente : pittegure
 - Avec DC rare : piteggure

TLM 28-29 janvier 2011

30

Les DC Fréquentes et Rares chez les adultes

- **Matériel :**

- Six trames phonologiques avec deux consonnes intermédiaires (entre S1 et S2 puis entre S2 et S3): /pitegur/, /lirobâ/, /finodys/, etc.
- Chaque trame associée à trois formats orthographiques (NB autant de DC entre de chaque catégorie entre S1S2 qu'entre S2S3) :
 - Sans DC : pitegure
 - Avec DC fréquente : pittechure
 - Avec DC rare : piteggure
- **Six textes** inspirés de la mythologie relatant l'histoire d'un héros dont le nom est précisément un des pseudomots; nom répété quatre fois par texte (paradigme de Share, 1995, 1999, 2004);
- Chaque texte accompagné (page suivante) de **trois questions**: choix de titre; closure (5 mots du texte à retrouver, dont le nom du héros); compréhension générale;

Les DC Fréquentes et Rares chez les adultes

- **Procédure:**

- Carnets de 6 textes, chacun suivi d'une page avec questions;
- Chaque carnet : les 6 histoires avec 2 héros SDC, 2 DCF et 2 DCR; rotation sur les associations Textes x Formes ortho et sur l'ordre de passation;
- Consigne : étalonner des textes pour évaluer la compréhension d'élèves de 5P; lecture puis réponse aux questions sans revenir en arrière;
- Score :
 - Analyse 1 : forme phonologique correcte et présence des consonnes sous le format présenté (= 1); comme 2 items : score sur 2;
 - Analyse 2 : répartition des erreurs en : Suppression des DC; Migration des DC; Ajout de DC;

Les erreurs

- **Simplifications** : élimination des DC
 - Pitteggure ou piteggure -> piteggure
- **Transpositions** : modification des DC
 - Piteggure -> pitteggure
 - Pitteggure -> piteggure

TLM 28-29 janvier 2011

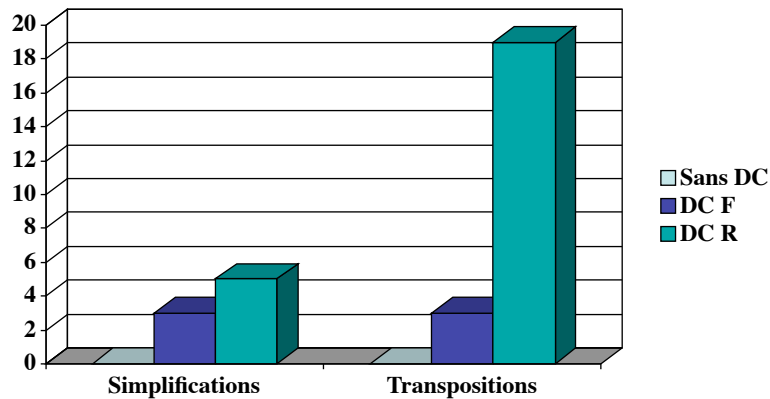
33

Résultats

	Sans DC <i>Finodus</i>	DC Freq <i>Finnodus</i>	DC Rares <i>Finoddis</i>
Scores (/2)	1,85 (.41)	1,83 (.36)	1,43 (.72)
Erreurs (108)	8	8	31
Simplifications	-----	3	5
Transpositions vers F	-----	2	20
Autres	8 (3 phono; 5 additions)	3 (phono)	6 (3 phono; 2 additions; 1 autre)

Les erreurs

(47/324 dont 31 sur DC)



TLM 28-29 janvier 2011

35

Que font les adultes?

- **Peu d'erreurs** : 15%;
- **Peu de Simplifications**: ils ont repéré la présence de DC quand il y en a ; ils ont aussi repéré quand il n'y en a pas;
- **Asymétrie des Transpositions**: la plupart du temps, les DC Rares (gg, bb, dd...) sont supprimées et remplacées par des DC fréquentes (ll, mm...), mais sans changement d'emplacement : piteggure -> pitteggure;

TLM 28-29 janvier 2011

36

Expérience 2

Enfants de CM2

TLM 28-29 janvier 2011

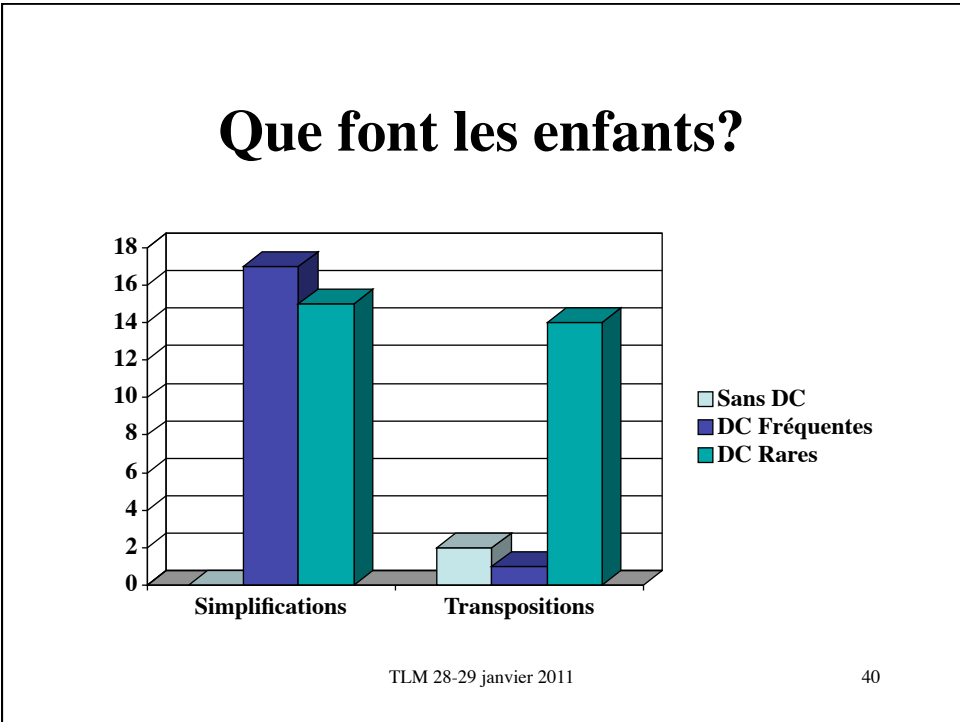
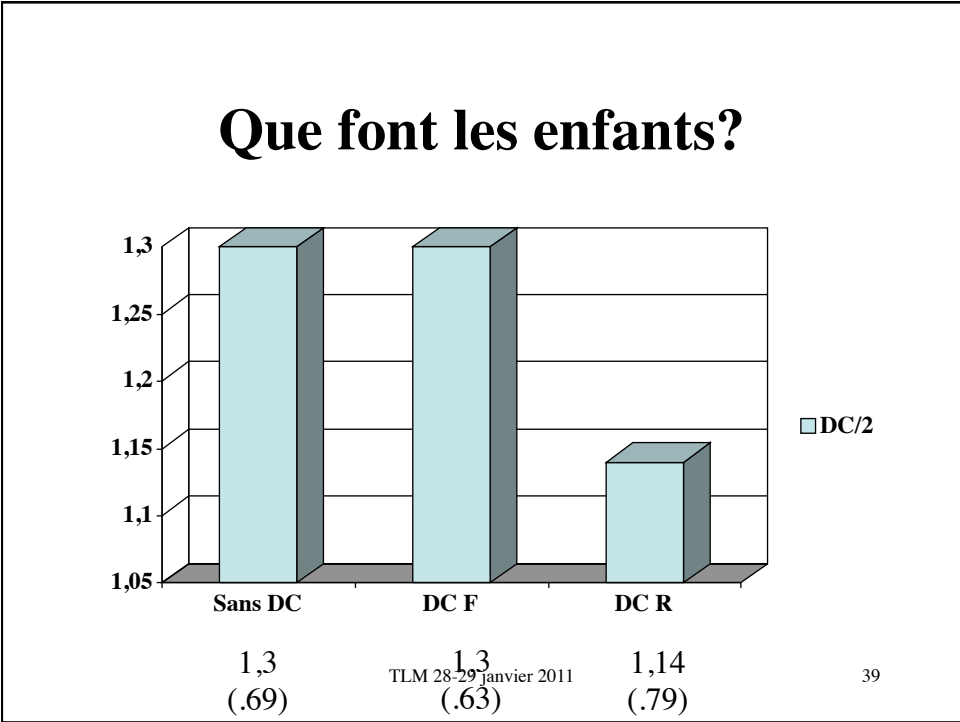
37

Les DC Fréquentes et Rares chez les enfants

- **Population** : 54 enfants de 5ème primaire (âge moyen 10;2 ans);
- **Matériel et procédure:**
 - **Six trames phonologiques** avec deux consonnes intermédiaires (entre S1 et S2 puis entre S2 et S3): / pitegur/, /lirobâ/, /finodys/, etc.
 - Chaque trame associée à **trois formats orthographiques** Sans DC : pitegure; Avec DC fréquente : pittegure; Avec DC rare : piteggure;
 - Les enfants traitent 2 textes par jour pendant trois jours;

TLM 28-29 janvier 2011

38



Que font les enfants?

- **Beaucoup d'erreurs** : 39%;
- **Beaucoup d'erreurs phonologiques** : 77/126
- **Parmi les erreurs portant sur les DC (n = 49), beaucoup de Simplifications (32)**: la présence de DC n'est sans doute pas toujours repérée;
- **Patron des Transpositions (17)** : la plupart du temps, les DC Rares (gg, bb, dd...) sont supprimées et des DC fréquentes apparaissent (ll, mm...), sans changement d'emplacements :
piteggure -> pitteggure;

TLM 28-29 janvier 2011

41

Conclusion

- En conformité avec les études de cas, les performances des adultes sont compatibles avec une dissociation entre présence d'une DC et position de cette DC; les migrations mettent en évidence l'intervention de deux dimensions relativement autonomes : une lexicale (inclure ou non une DC), l'autre infra-lexicale (fréquence et position de la DC) (Modèle à deux voies en interaction, Miceli & Capasso, 2006);
- Chez les enfants, la dimension lexicale apparaît moins bien établie que chez les adultes; mais quand elle l'est, les mêmes erreurs surviennent;

TLM 28-29 janvier 2011

42

Et demain?

- Imagerie cérébrale (Rapp & Lipka, 2010; Dehaene et al.);
- Simulation informatique (Verguts & Fias..)
- ...
- Recherches comportementales
- Modèles et théories

TLM 28-29 janvier 2011

43

Merci pour votre attention

Michel.fayol@univ-bpclermont.fr

TLM 28-29 janvier 2011

44