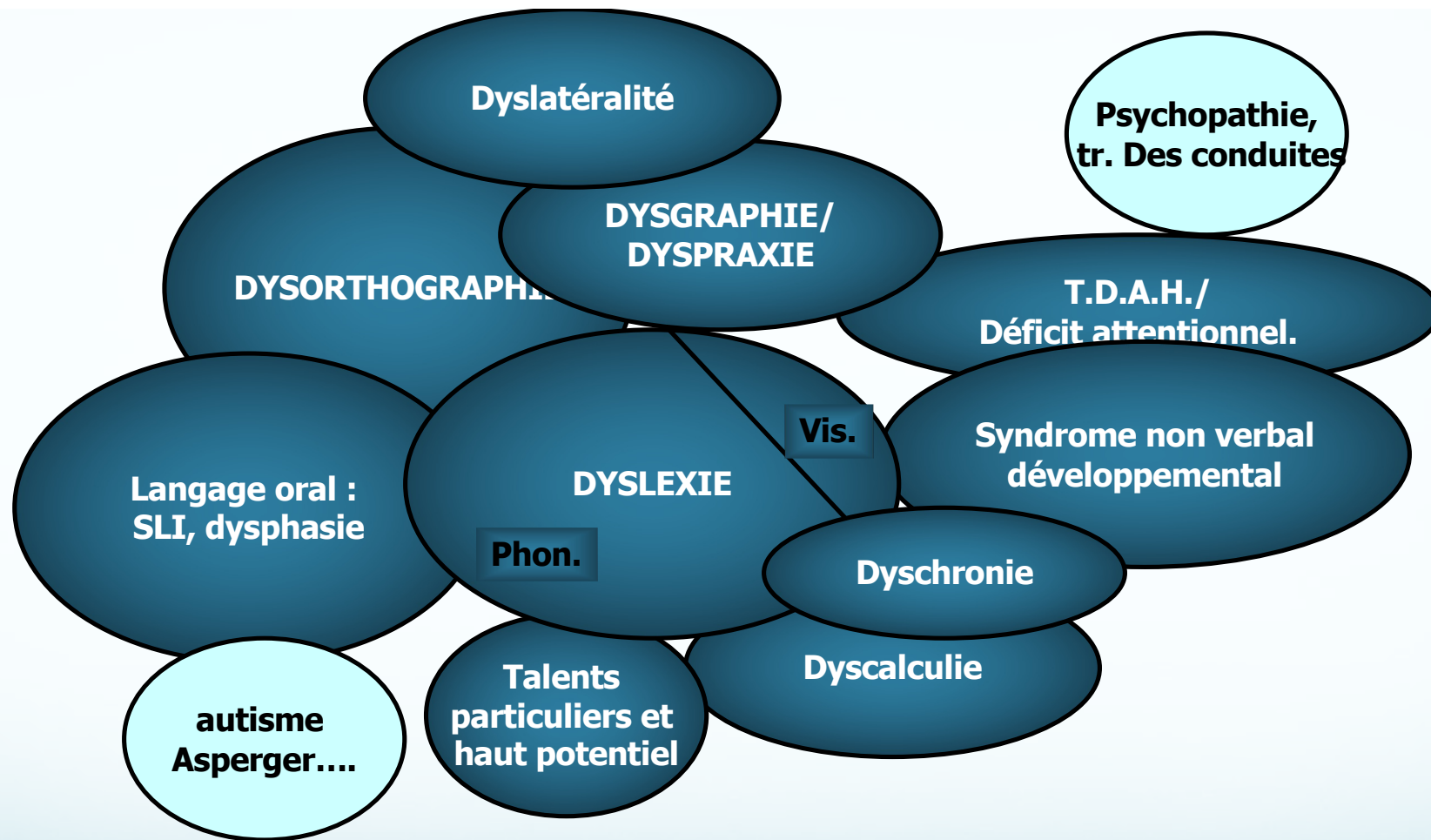


Dyslexie et troubles spécifiques  
d'apprentissage:  
quelques notions théoriques utiles  
au pédagogue

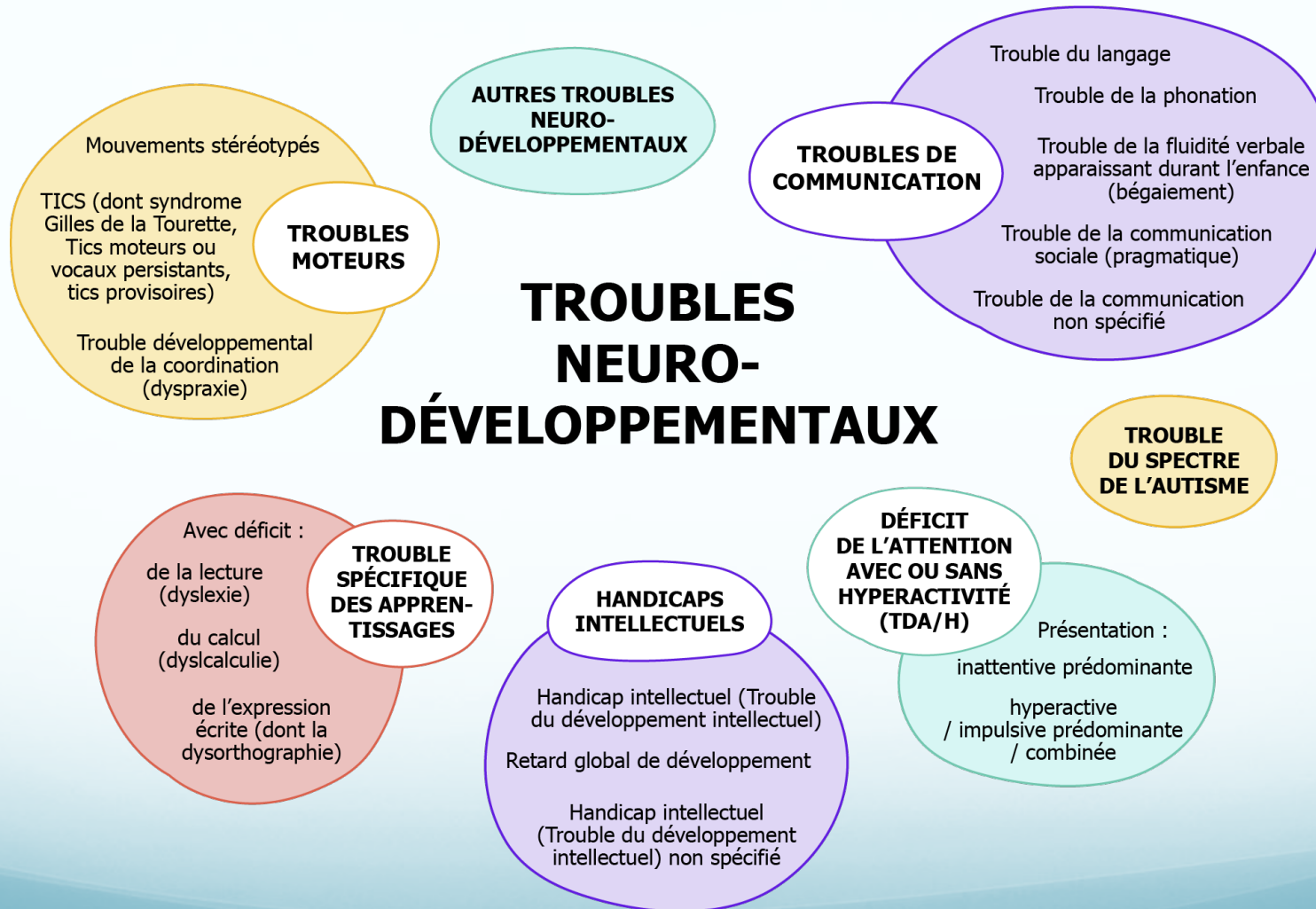
Michel Habib  
Neurologue, CHU de Marseille  
Neurodys-PACA et SESSAD Résodys

# I/ Généralités / terminologie



*La « constellation dys » : un point de vue de cliniciens*

# TROUBLES NEURO- DÉVELOPPEMENTAUX



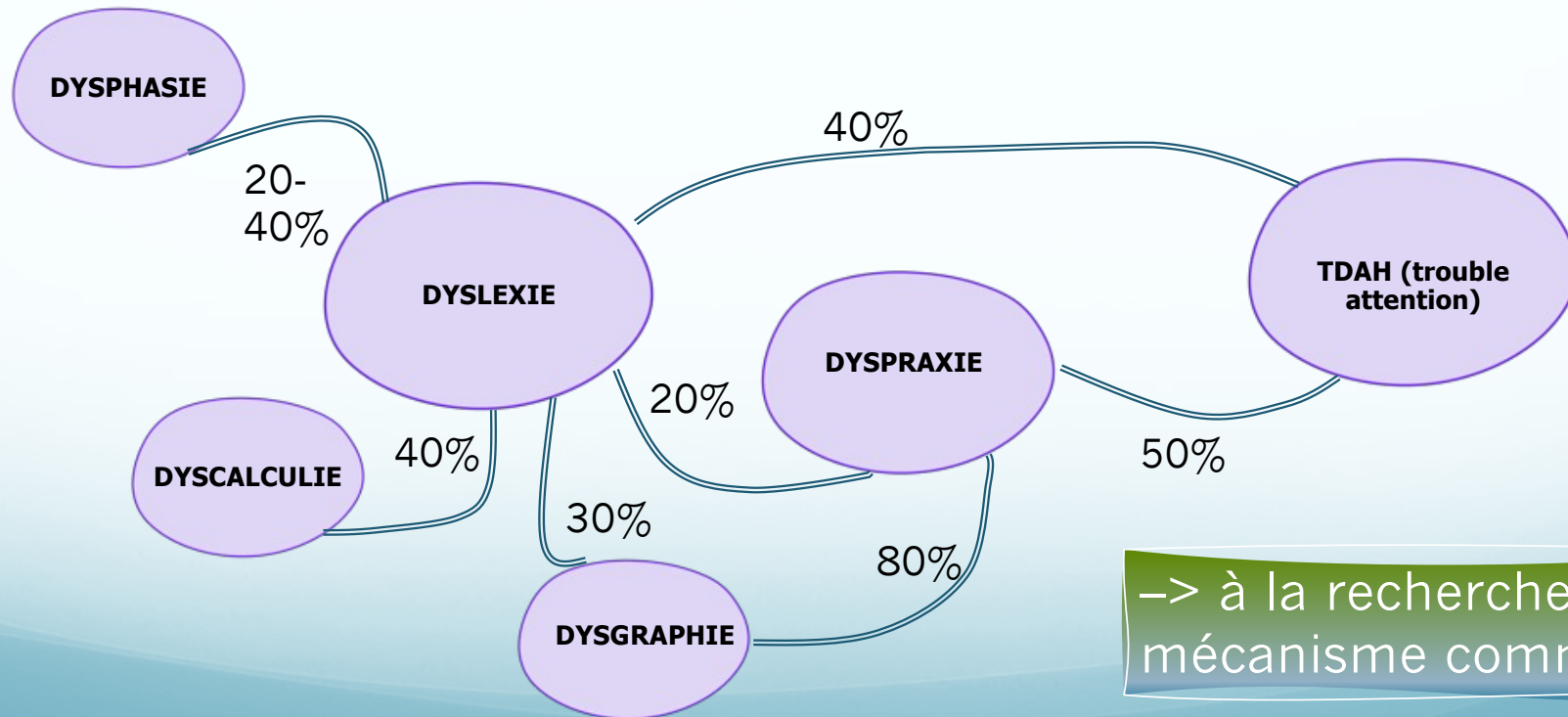
## DYSLEXIE : QUELS MÉCANISMES? 3 nouvelles pistes

Les comorbidités : la dyslexie ne survient jamais seule : la « constellation des dys »

Le défaut d'ajustement des oscillations corticales : le chaînon manquant

Le défaut de connectivité intracérébrale : une constante en imagerie cérébrale

Les comorbidités : la dyslexie ne survient jamais seule : la « constellation des dys »



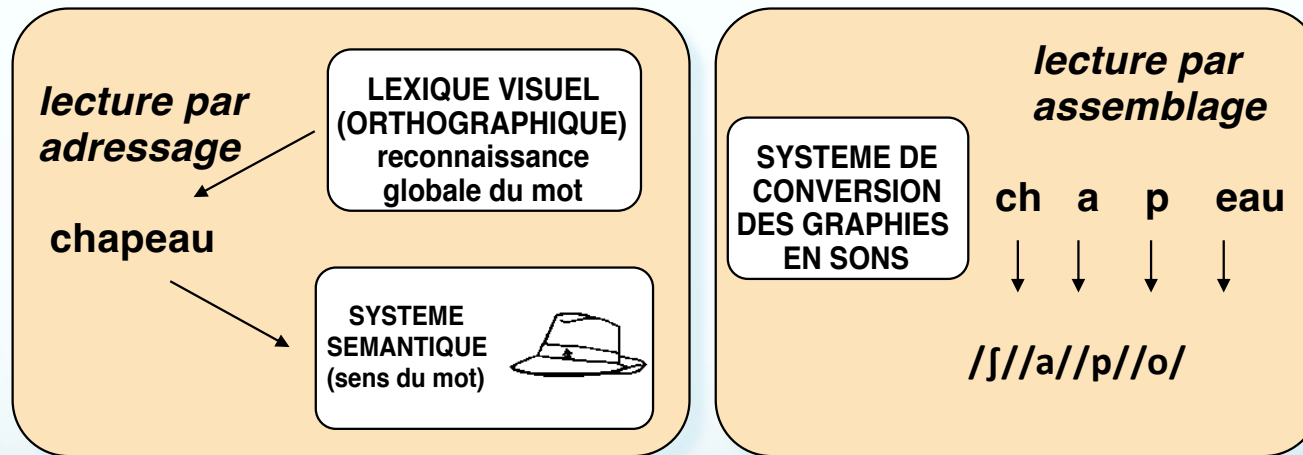
# L'enfant dys : comment le reconnaître

- Avant tout : un enfant normalement intelligent qui n'arrive pas à apprendre : Toujours être à l'affût de dissociations
  - Entre l'apparente intelligence générale et le niveau de réussite dans les tâches scolaires
  - Entre les difficultés dans un domaine et pas dans un autre
- Comprendre que le système cognitif est organisé de manière modulaire : les grandes fonctions du cerveau déterminent les principaux domaines de l'apprentissage :
  - Langage
  - Lecture, écriture, orthographe
  - Calcul, sens du nombre, raisonnement arithmétique
  - Capacités spatiales et coordination du geste
  - Mémoire (à long terme, à court terme...)
  - Attention
  - Cognition sociale

## II/ Les mécanismes de la lecture : la conversion grapho-phonémique au centre du débat



"CHAPEAU"



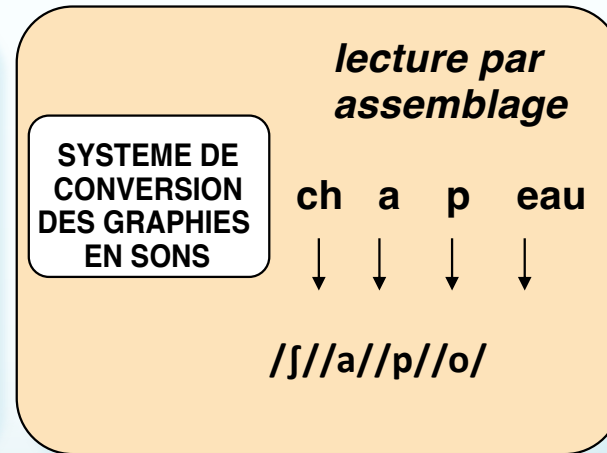
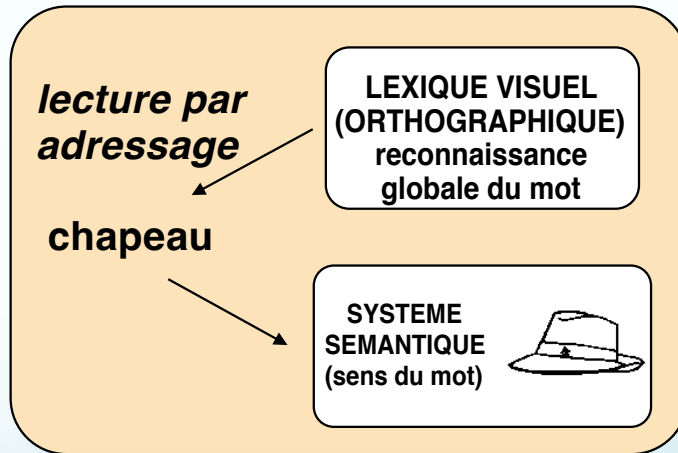
**production orale**  
/ʃ a p o /

bol

confortablement

tambenefoneclor

"CHAPEAU"



**production orale**  
/ʃ a p o /

chrysanthème

C  
h  
r  
y  
s  
a  
n  
t  
h  
è  
m  
e

Notes and discussion

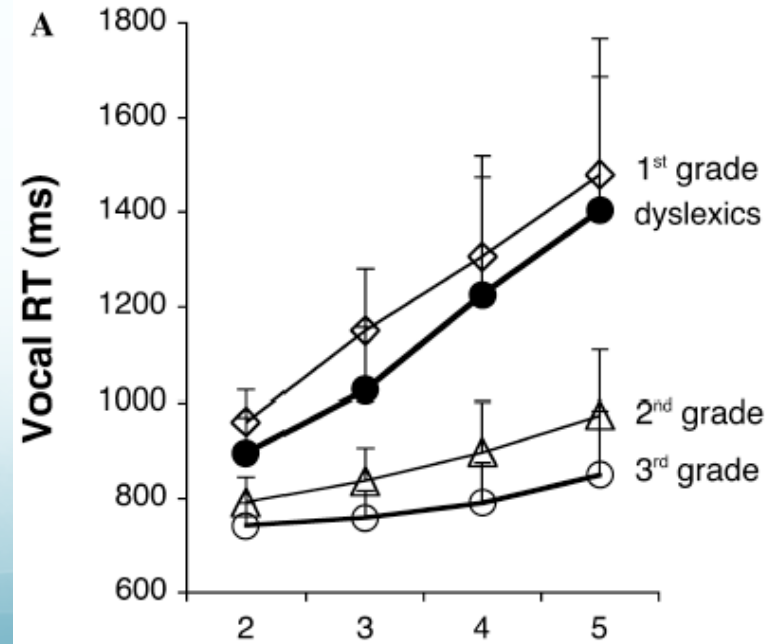
# Word length effect in early reading and in developmental dyslexia

Pierluigi Zoccolotti<sup>a,b,\*</sup>, Maria De Luca<sup>b</sup>, Enrico Di Pace<sup>a</sup>, Filippo Gasperini<sup>b</sup>,  
Anna Judica<sup>b</sup>, Donatella Spinelli<sup>b,c</sup>

MT Reading test

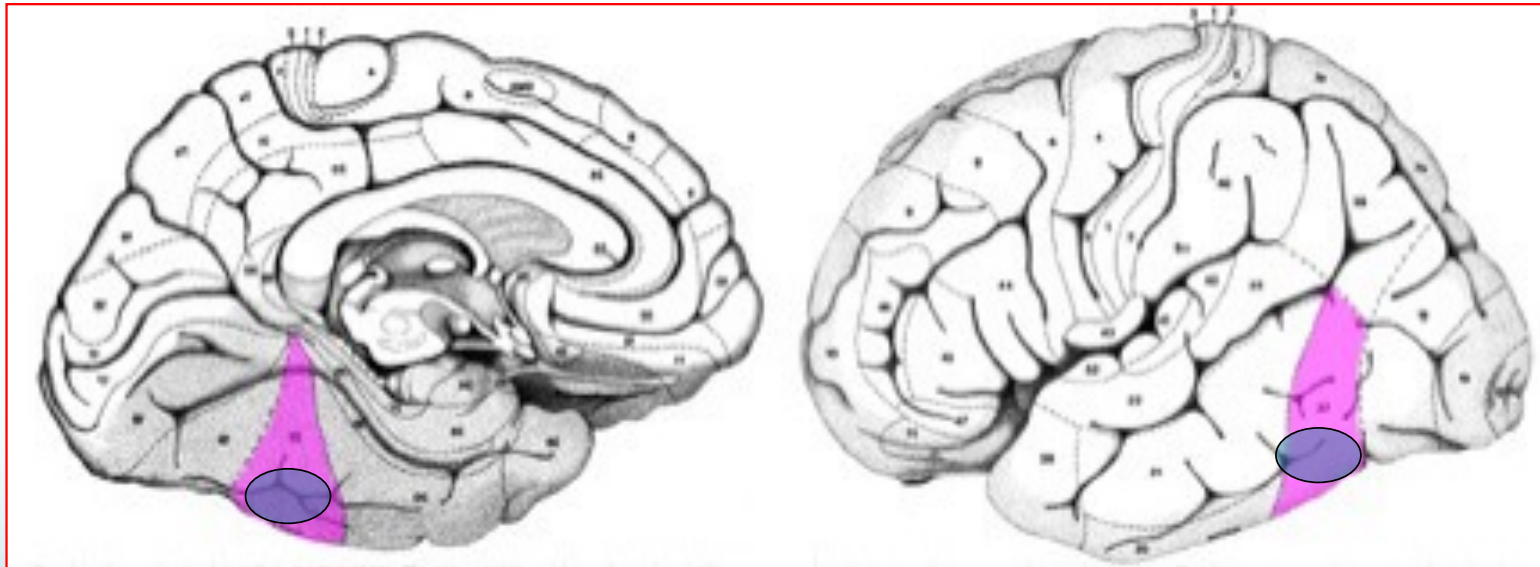
		Speed	Accuracy	Comprehension
Controls	First grade	.39 (.35)	-.10 (.58)	.51 (.79)
	Second grade	.42 (.30)	.19 (.64)	.63 (.52)
	Third grade	.33 (.46)	-.005 (.57)	.63 (.65)
Dyslexics	Third grade	-2.45 (1.82)	-3.31 (.92)	-.70 (.92)

Performance of dyslexic and control subjects on the MT battery. *z* scores based on Italian normative data (Cornoldi & Colpo, 1988) are reported. Negative values indicate performances below the norm. *z* scores were used because subjects were of different ages (6–8 years) and norms vary with age.



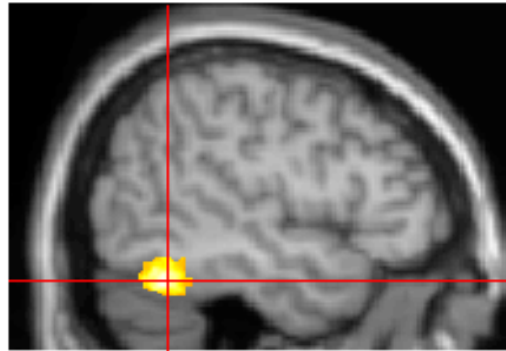


# VWFA : aire de la forme visuelle des mots

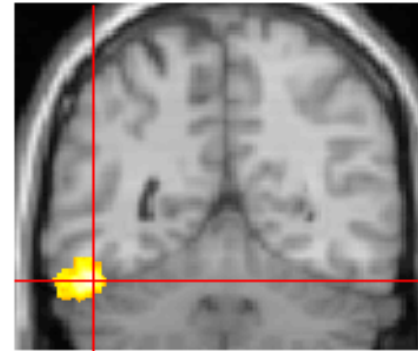


Attribue un statut linguistique à une suite de lettres

sagittal

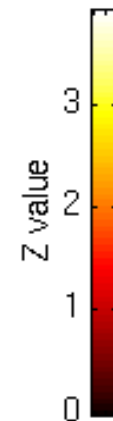
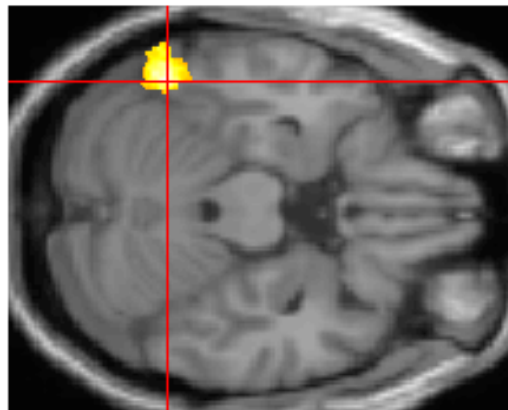


coronal



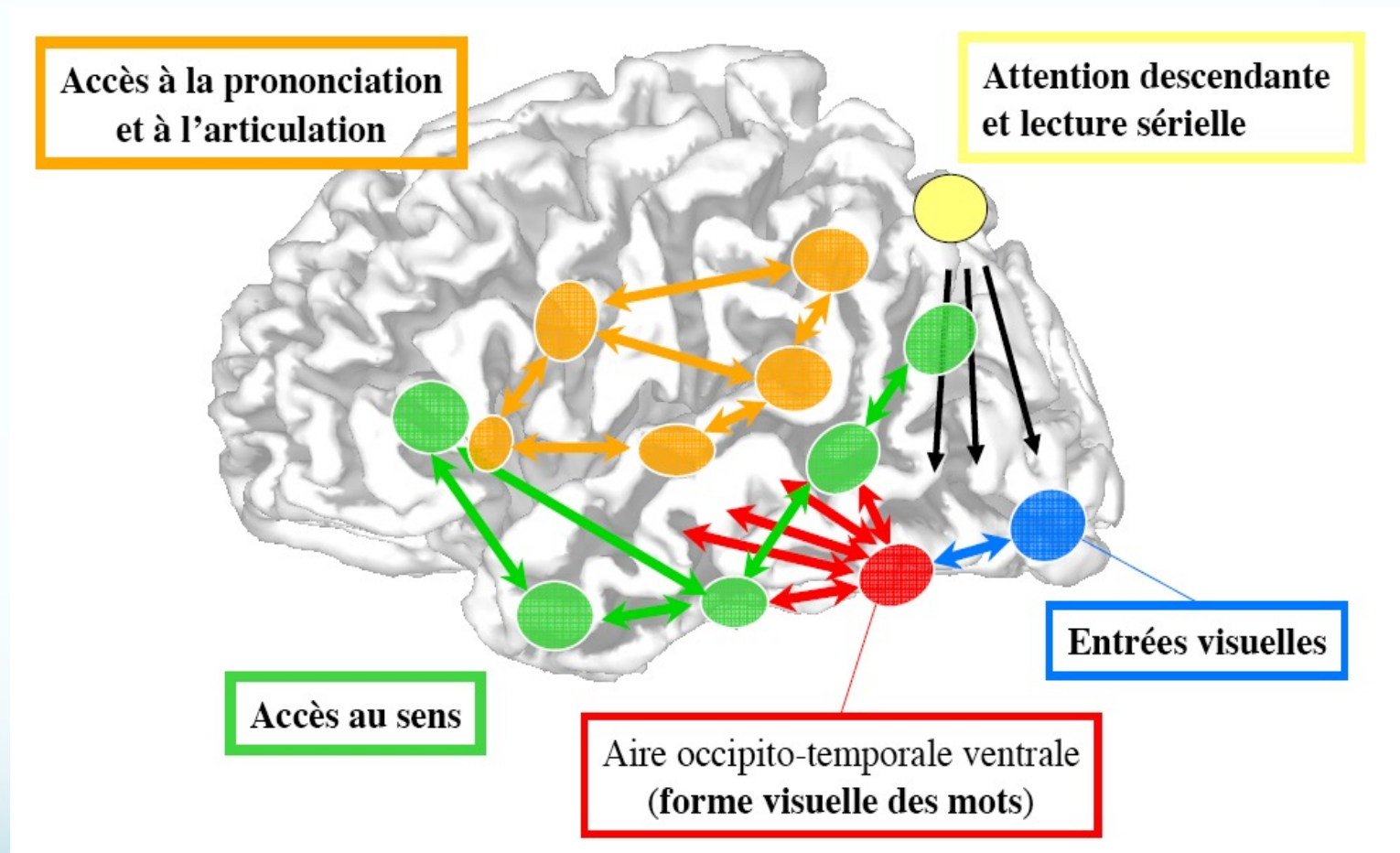
Reading Words in Controls  
compared to Dyslexics

transverse

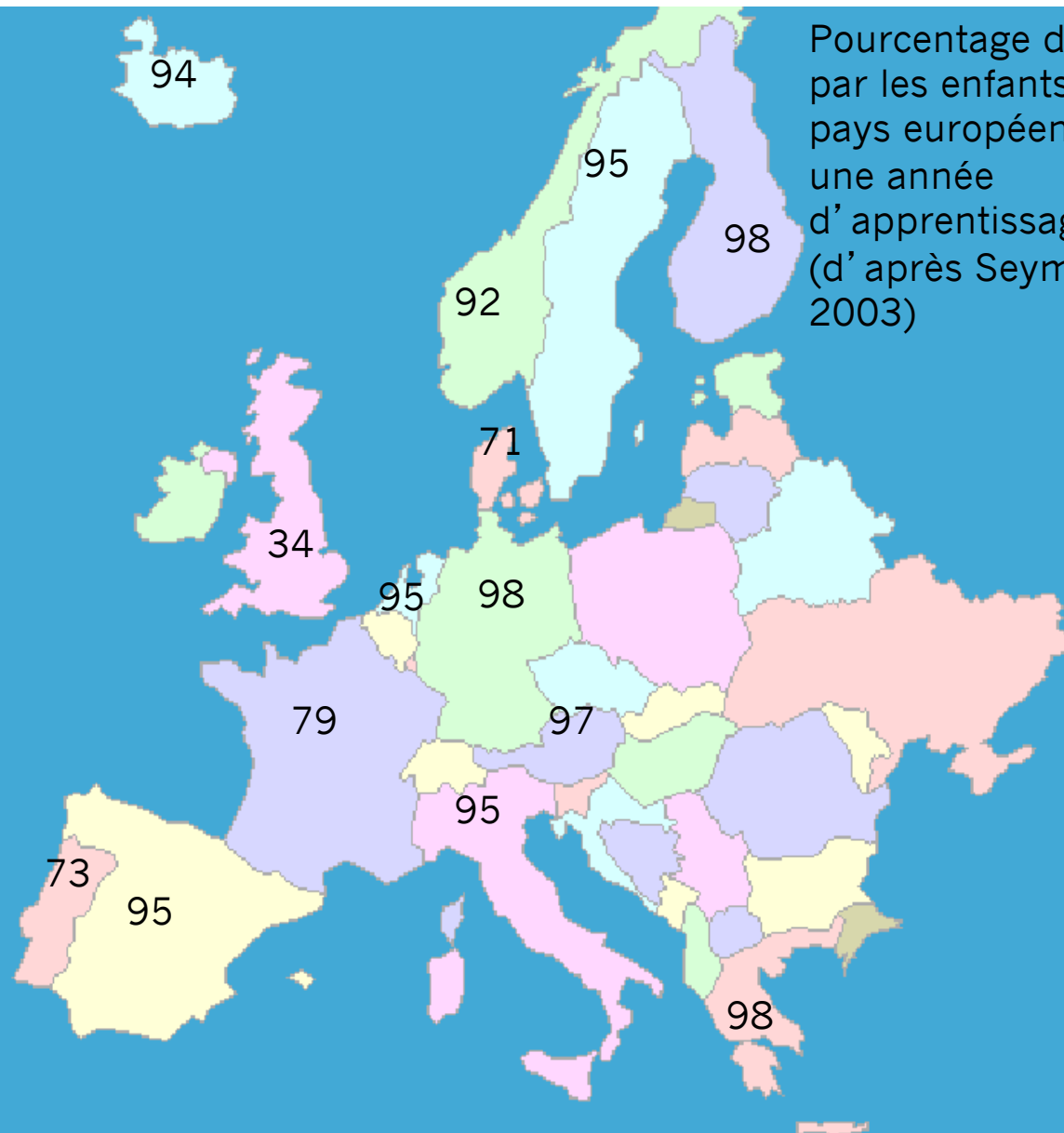


(Chanoine et al., 1998)

Aire 37 : zone de plus forte différence entre dyslexiques et témoins



Trois principaux réseaux de la lecture (d'après S. Dehaene) La région occipito-temporale gauche semble servir de voie d'entrée visuelle au système.



Pourcentage de mots lus par les enfants de 14 pays européens après une année d'apprentissage (d'après Seymour et al., 2003)

*Data (% Correct) From Seymour, Aro, and Erskine's (2003)  
Large-Scale Study of Reading Skills at the End of Grade 1 in 14  
European Languages*

Language	Familiar real words	Pseudowords
Greek	98	92
Finnish	98	95
German	98	94
Austrian German	97	92
Italian	95	89
Spanish	95	89
Swedish	95	88
Dutch	95	82
Icelandic	94	86
Norwegian	92	91
French	79	85
Portuguese	73	77
Danish	71	54
Scottish English	34	29

*Note.* From “Foundation Literacy Acquisition in European Orthographies,” by P. H. K. Seymour, M. Aro, and J. M. Erskine, 2003, *British Journal of Psychology*, 94, pp. 153, 156. Copyright 2003 by the British Psychological Society. Reprinted with permission.

# Comparaison inter-langage

- En Anglais : 40 phonèmes - 1120 graphèmes
- En Italien : 25 phonèmes - 33 graphèmes
- Apprentis lecteurs italiens : 92% d'exactitude en lecture de mots après 6 mois d'apprentissage
- Exactitude et temps de lecture après 3 ans d'apprentissages très supérieurs chez les enfants allemands qu'anglais
- Lecture de non-mots très significativement plus lente chez les anglais que les italiens ou les serbo-croates

TRANSPARENT



OPAQUE

<u>langue</u>	Nombre de phonèmes	Nombre de graphèmes	% de mots lus en fin de CP
Italien	30	32	95%
Espagnol	32	45	92%
Allemand	40	85	92%
Français	35	130	<b>82%</b>
<b>Anglais</b>	<b>40</b>	<b>1120</b>	<b>32%</b>

## A cultural effect on brain function

E. Paulesu<sup>a</sup>, E. McCrory<sup>a</sup>, E. Fazio<sup>a</sup>, L. Menoncello<sup>a</sup>, N. Brunswick<sup>a</sup>, S. F. Cappa<sup>a,m</sup>, M. Cotelli<sup>a</sup>, G. Cossu<sup>a</sup>, E. Corte<sup>a</sup>, M. Lorusso<sup>a</sup>, S. Pesenti<sup>b</sup>, A. Gallagher<sup>c</sup>, D. Perani<sup>a</sup>, C. Price<sup>d</sup>, C. D. Frith<sup>e</sup>, and U. Frith<sup>e</sup>.

<sup>a</sup> Scientific Institute H.S. Raffaele, INB-CNR, University of Milan-Bicocca, Milan, Italy

<sup>b</sup> Institute of Cognitive Neuroscience, University College London, 7 Queen Square, London WC1N 3AR, UK

<sup>c</sup> Wellcome Department of Cognitive Neurology, Institute of Neurology, 12 Queen Square, London WC1N 3BG, UK

<sup>d</sup> Neurology Department, University of Brescia, Brescia, Italy

<sup>e</sup> Psychology Department, University Vita e Salute H. San Raffaele, Milan, Italy

<sup>f</sup> Istituto di Fisiologia Umana, University of Parma, Parma, Italy

<sup>g</sup> Scientific Institute Eugenio Medea-La Nostra Famiglia, Bosio Parini, Italy

Correspondence should be addressed to U.F. ([u.frith@ucl.ac.uk](mailto:u.frith@ucl.ac.uk)).

We present behavioral and anatomical evidence for a multi-component reading system in which different components are differentially weighted depending on culture-specific demands of orthography. Italian orthography is consistent, enabling reliable conversion of graphemes to phonemes to yield correct pronunciation of the word. English orthography is inconsistent, complicating mapping of letters to word sounds. In behavioral studies, Italian students showed faster word and non-word reading than English students. In two PET studies, Italians showed greater activation in left superior temporal regions associated with phoneme processing. In contrast, English readers showed greater activations, particularly for non-words, in left posterior inferior temporal gyrus and anterior inferior frontal gyrus, areas associated with word retrieval during both reading and naming tasks.



# Exemple...

quand je vois la lettre « i », comment  
« chante »-t-elle dans :



- Fish ?
- Bird ?
- Nice ?



# Exemple...

- Suite de lettres « **ough** » :

« **tough** »

« **though** »

« **through** »

- Et quand c'est différent en anglais US et GB!!





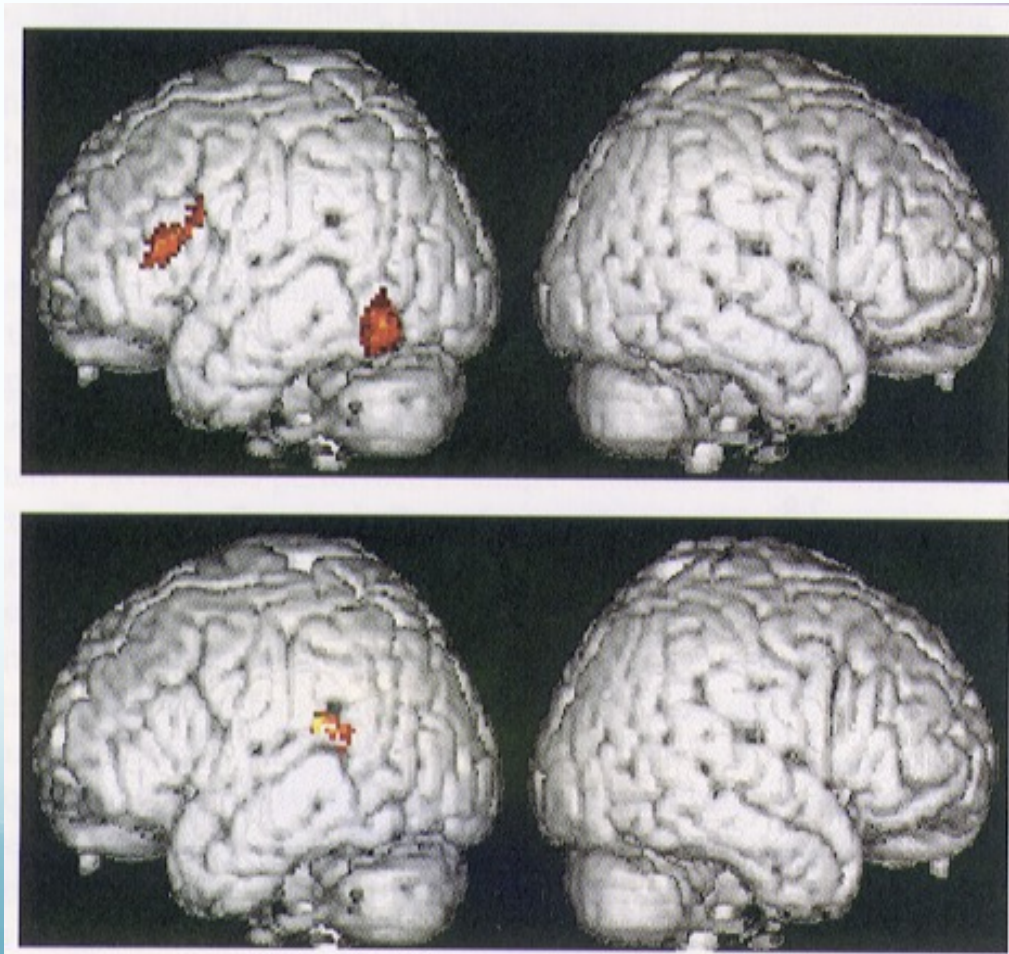
/i:/ ( i "long" )



- **e** : we, evening
- **ee** : sheep, cheese
- **ea** : tea, clean
- **ie** : piece, field

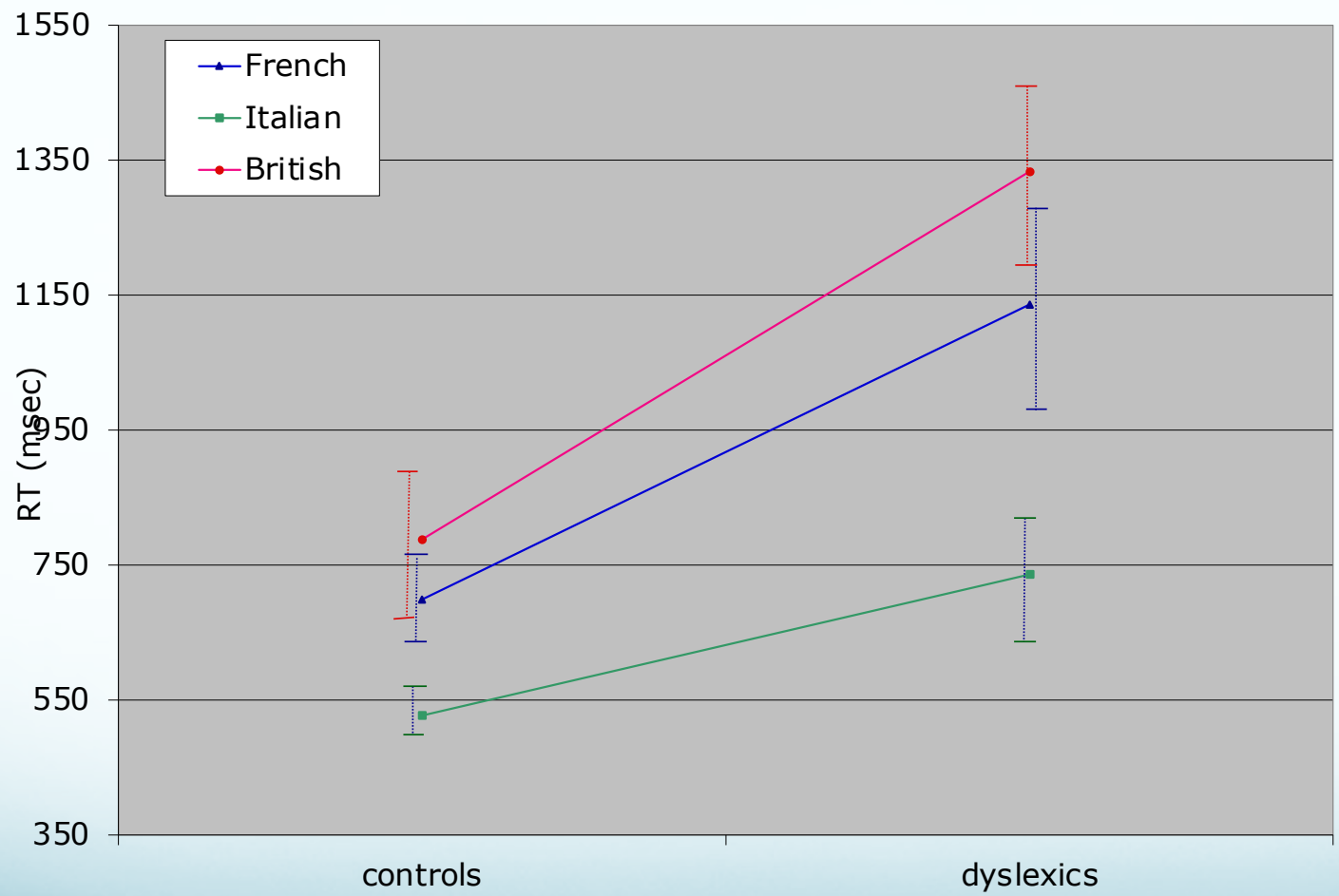
- ei** : receive
- ey** : key
- eo** : people
- i** : magazine

Paulesu et al. (2000)  
A cultural effect on brain function



English > Italians :  
(non-words)

Italians > English  
(all word types)



## The Neural System Underlying Chinese Logograph Reading

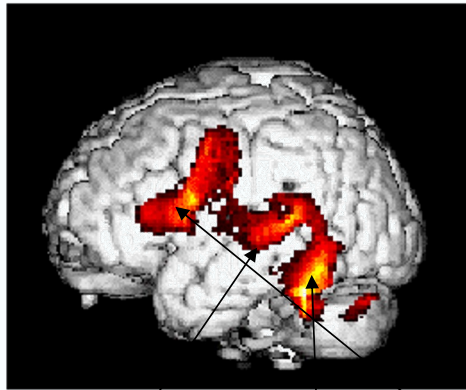
Li Hai Tan,\* Ho-Ling Liu,† Charles A. Perfetti,‡ John A. Spinks,§ Peter T. Fox,<sup>¶</sup> and Jia-Hong Gao<sup>¶</sup>

pronounce /yue/	阅	meaning “view”, “read”	pronounce /hua/	画	meaning “draw”
/kan/,	+ 看	“look”, “view.”	/hua/	+ 话	“talk”, “words”

Semantic similarity judgment

Homophone judgment

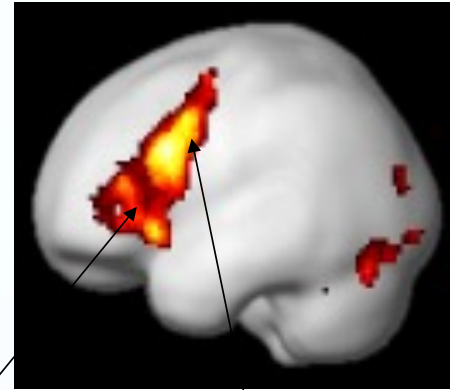
A



Wernicke's area

Posterior temporal lobe

B



Broca's area (BA45)

Middle frontal gyrus (BA9)

电  
+  
店

Siok et al., (2004)

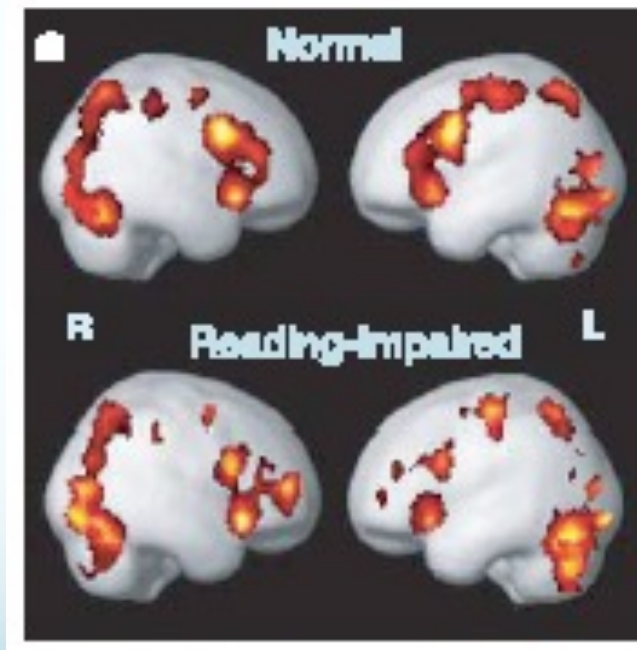
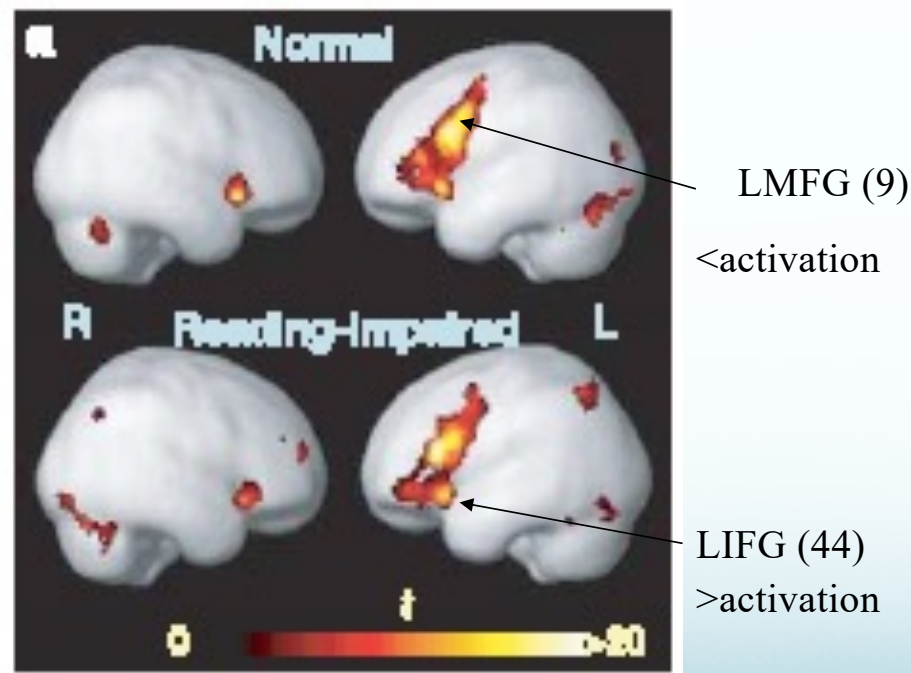
# Biological abnormality of impaired reading is constrained by culture

NATURE | VOL 431 | 2 SEPTEMBER 2004 | www.nature.com/nature

Wai Ting Siok<sup>1</sup>, Charles A. Perfetti<sup>2</sup>, Zhen Jin<sup>3</sup> & Li Hai Tan<sup>1,4</sup>

Orthography - to-phonology mapping  
Homophone judgment - letter size decision

Orthography -to-semantic mapping  
Chinese character decision - fixation



Bilateral < activation M+IFG  
>left inf temporal



Chinese dyslexia : different biological basis



# Les raisons de la difficulté

- La langue anglaise contrairement au français dont le rythme est syllabique, est une langue accentuelle et fait alterner des syllabes accentuées et non-accentuées
- Les indices acoustiques permettant de réaliser la prosodie sont des modifications d'amplitude (perçue comme l'intensité), de durée, et de fréquence fondamentale (F0, perçue comme la hauteur)
- De plus, pour l'anglais, la structure rythmique d'un mot, est présente à deux niveaux hiérarchisés

$\frac{mi}{s} - \frac{ssi}{w} - \frac{ssi}{s} - \frac{pi}{w}$

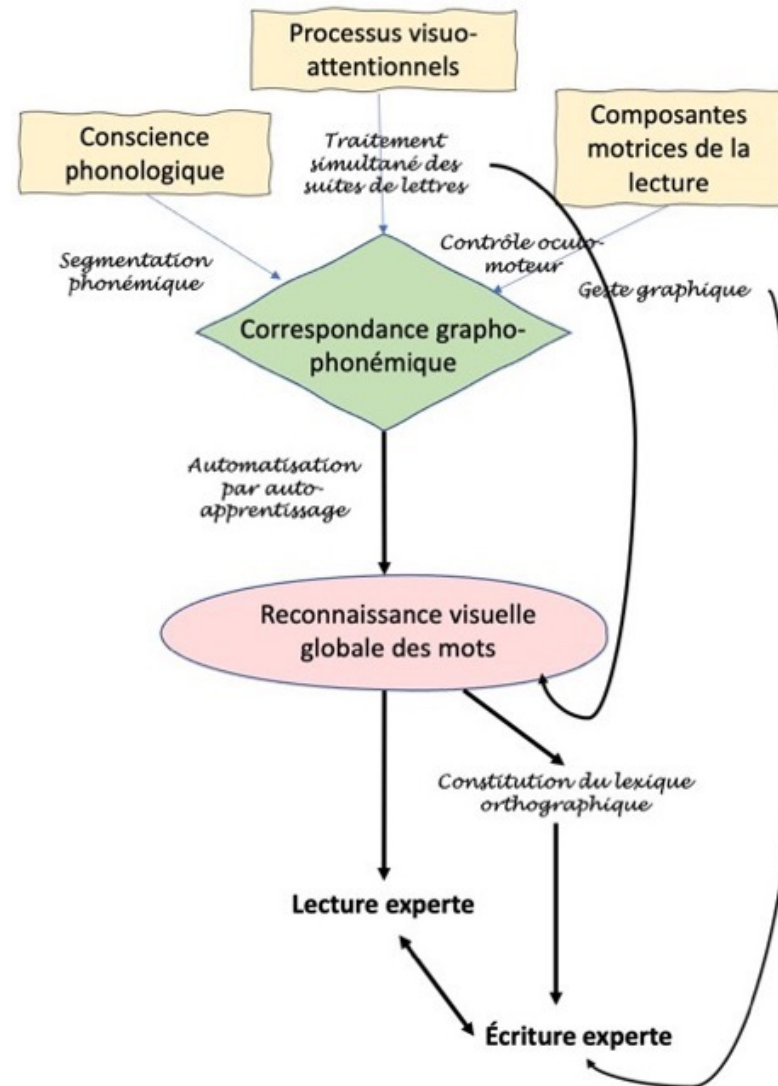
$\frac{mi}{s} - \frac{ssi}{w} - \frac{ssi}{s} - \frac{pi}{w}$   
 $\left( \begin{array}{c} s \\ w \end{array} \right) \left( \begin{array}{c} s \\ s \end{array} \right)$

Structure des temps faible (w) et fort (s) du mot « *mississippi* » au niveau syllabique (haut) et prosodique (bas) avec la partie finale du mot accentuée (« *stress feet* » : s) en anglais.

# La prosodie : une nouvelle entrave à l'apprentissage de l'anglais L2

- La prosodie est constituée d'unités suprasegmentales, de la taille de mots ou de groupes de mots
- Dans le signal de parole, la prosodie permet de véhiculer deux types d'informations : 1) l'état émotionnel du locuteur (prosodie émotionnelle) ; 2) la structure linguistique et le mode d'expression (prosodie intentionnelle).
- La notion de rythme est inhérente à la prosodie. Le rythme est défini comme un pattern temporel créé depuis le début d'une séquence et se poursuivant tout le long de l'événement acoustique. Dans le langage, ce rythme se manifeste à travers une alternance de moments forts et de moments faibles (i.e. perçus comme moins saillants)
- Une source de difficultés pour le traitement du rythme est la variabilité de ses règles selon les langues, ce qui peut complexifier l'apprentissage tardif d'une L2.

# III/ La dyslexie : un modèle pour comprendre les troubles dys



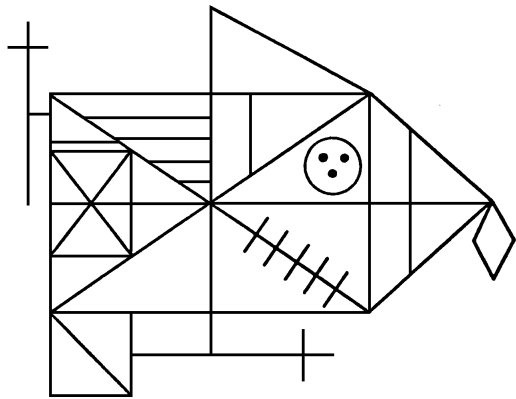
# IV/ À côté de la dyslexie : dyspraxie, dysgraphie, dyscalculie et TDAH



# La compensation des troubles « dys » : un cas exemplaire, la dyspraxie

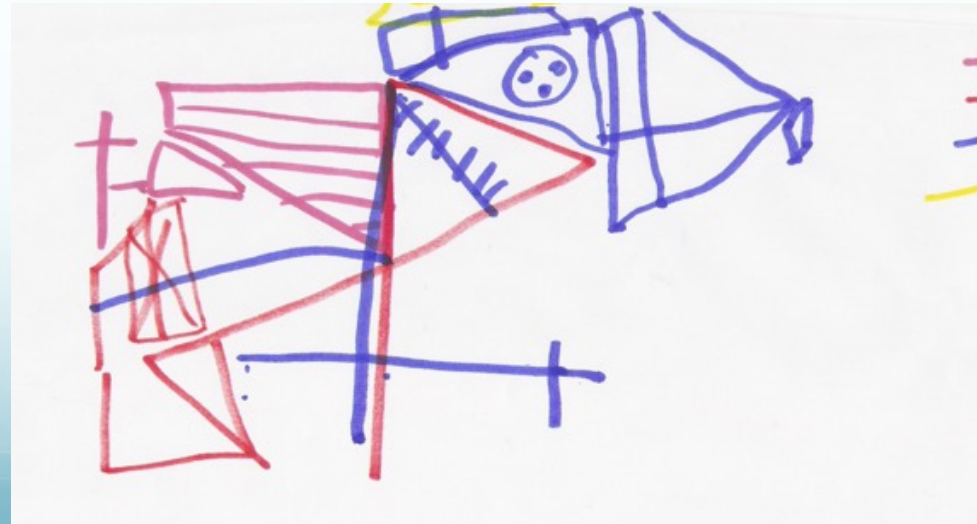


# « LA DYSPRAXIE visuo-spatiale »



Reproduction avec modèle de la  
figure de Rey

L. -10 ans-CM1  
Dyspraxie constructive  
visuo-spatiale





# dysgraphie

id dit au petit Prince: Vous n'avez rien,  
s simple; on voit bien avec le cœur  
& invisible pour les yeux. C'est le temps  
où pour tu mose qui fait si inon  
responsable pour toujours de se que tu

Ratus est un cinéma. Pendant le film, il mange des cacahouettes et  
la mouise grillo. Il fait du bruit chaque fois qu'il glisse sa patte  
dans le sachet. ) Dictée

quel égoïste! utilise la femme -  
dans l'obscurité, Ratus continue à faire des flétises. ) Copie

=> pas plante d'ulme piquet ...

= diff qd copie page ....

Logopie  
licade  
guter  
d'les  
spite  
orthon

# Les dyspraxies : symptômes

- Troubles de la coordination, et/ou de la programmation, et/ou de la planification, et/ou de la régulation des gestes
    - Maladresse gestuelle (AVQ, sports, utilisation d'outils, travaux manuels)
    - Dysgraphie (écriture, dessins)
    - Troubles de la **structuration spatiale**
- +++

# Quelles manifestations chez l'enfant ? (plaintes, repérage)

## Signes négatifs

- Lenteur
- Couper sa viande, éplucher une orange, une pomme, ...
- Se laver, s'habiller
- Dessiner, colorier, coller, découper, plier, bricoler
- Graphisme : écrire, souligner, entourer,
- + utilisation des « outils » scolaires : règle, compas, équerre,

## Signes positifs

- ➔ « Sur-entraînement » verbal
- ➔ Préférence pour loisirs : écoute musique, cinéma, théâtre, visites diverses
- ➔ Préférence pour jeux de rôles, histoires, imaginaire
- ➔ Préférence pour la compagnie des adultes

# DYSPRAXIE(S) et répercussions SCOLAIRES

- Un trouble du développement du geste

⇒ les gestes « corporels » (habileté manuelle, sports, ...)

⇒ les yeux (oculomotricité)

⇒ La sphère socio-phonatoire (parole)

## Scolaire

→ Pb **lecture**  
(incst)

## Scolaire

→ **Graphisme +++**  
(pb constant +++)  
→ **Lenteur**

- Un trouble des traitements spatiaux

⇒ espace

## Scolaire

→ **Numération/calcul**

→ Géométrie, plans, cartes, graphiques,  
schémas,

→ Organisation (cartable, classeur, bureau,  
...)



# Vie Quotidienne, loisirs



Idem si TAC,  
dyspraxie ou tr.  
neuro-moteurs ...

- Habillage (pluri-quotidien + sport, piscine, WC, ...)
- Repas (cantine, anniversaires, McDo, ...)
- Toilette (douches, shampoing, ongles, se moucher, ...)
- Sport (vélo, activités scolaires, ...)

Importance +++  
pour socialisation,  
construction identitaire  
(garçons), estime de soi,  
...





# « LA DYSPRAXIE »

## SES DIFFÉRENTES FORMES

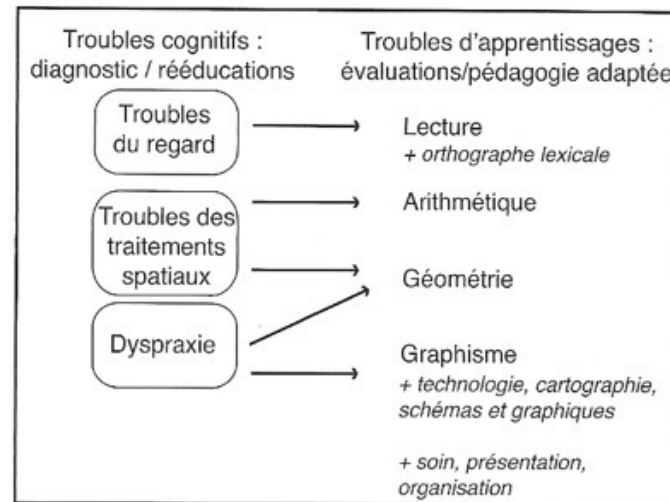


Fig. 1.39. – Dyspraxies visuospatiales : répercussions scolaires.

[De M. Mazeau (2009)]

## LE VRAI PROBLÈME ....

Le pb, c'est la  
« double tâche »

- × Ce n'est PAS que l'enfant écrive « mal » ...
- × C'est qu'il ne peut pas se relire
- × C'est que son écriture manuelle ne sera pas **AUTOMATISEE** : elle nécessitera toujours un contrôle attentionnel massif, *aux dépens des tâches « de haut niveau »*
- × C'est la lenteur (documents incomplets)
- × C'est l'aspect sale et brouillon (documents inutilisables)

*Ecrire à la main le handicapé +++*



# La prise en charge de la dysgraphie

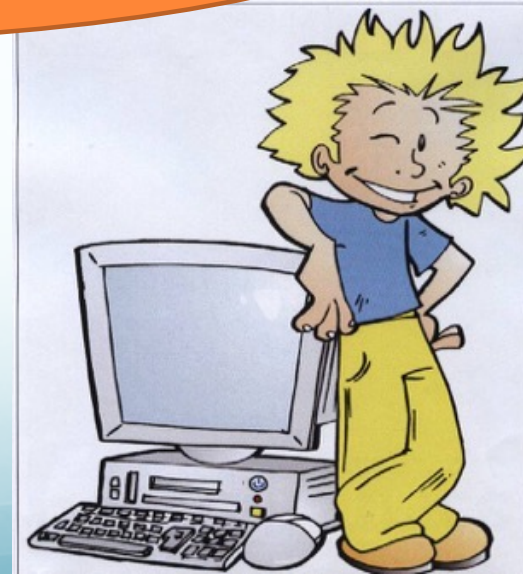
La dysgraphie **compromet gravement l'ensemble de la scolarité** du fait de

- La lenteur

**Photocopies,  
Travail (et contrôles) à  
l'ORAL, phrases « à trous »,  
QCM, secrétaire, dictée vocale,  
etc.**

Il est **DOMAGNEUX** pour l'enfant

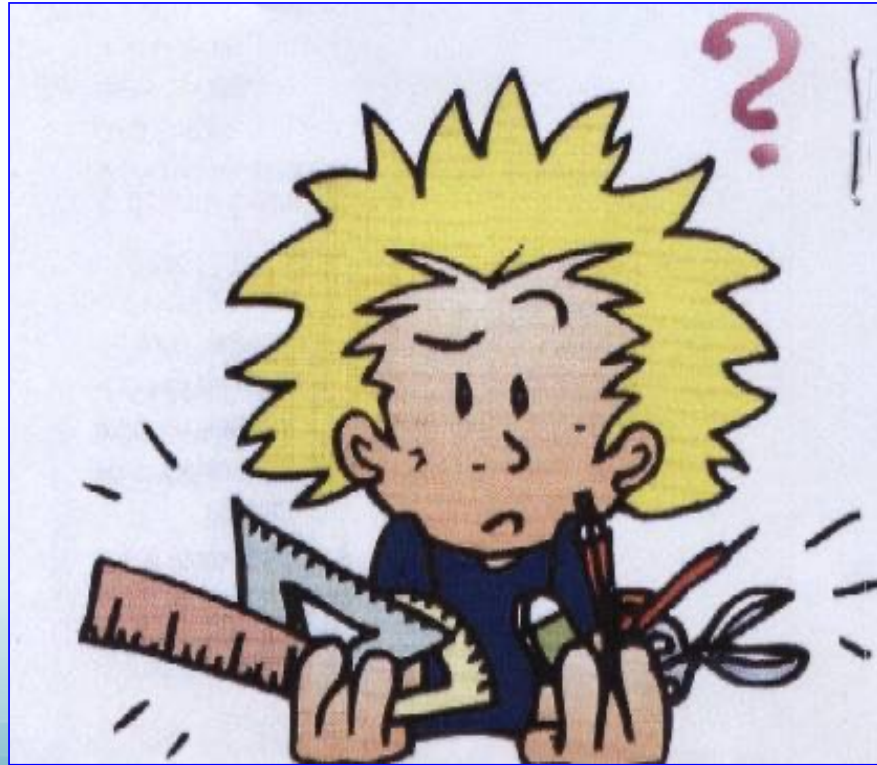
- de « dispenser » l'enfant du graphisme manuel
- de proposer un palliatif fonctionnel



« Par exemple, si l'enfant écrit mal, beaucoup pensent qu'il est «logique» de lui proposer des exercices graphiques – dessiner des vagues, des «ponts», des boucles, des hampes, des lettres - , de l'inscrire à un atelier de calligraphie, d'insister pour qu'il s'applique plus et mieux. De fait, il progresse un peu, mais toujours insuffisamment au vu des exigences scolaires qui, elles, croissent exponentiellement avec les années et toujours beaucoup plus vite que les capacités de l'enfant.

Augmentons alors les entraînements, amplifions encore les rééducations de la motricité fine ou de l'organisation spatiale, multiplions les prises en charge en psychomotricité ou en ergothérapie, achetons des cahiers de graphisme qu'il réalisera les mercredis ou durant les vacances ... et l'enfant, confiant et plein d'espoir, engage toute son énergie dans ce combat, pourtant perdu d'avance. Mais lorsqu'il en prend conscience - souvent en même temps que les adultes qui l'entourent -, il est trop tard, l'échec scolaire est consommé et bien souvent définitif. Pire, l'échec n'est pas rattaché au problème graphique et l'enfant ne bénéficiera pas d'adaptations adéquates. » (Mazeau et al., op. cit.)

# LES DYSCALCULIES



# Dyscalculie : définition

- Trois critères de diagnostic :
  - 1) Les aptitudes arithmétiques, évaluées par des tests standardisés, sont nettement en dessous du niveau escompté compte tenu de l'âge du sujet, de son développement intellectuel et d'un enseignement approprié à son âge.
  - 2) Le trouble interfère de manière significative avec la réussite scolaire de l'enfant ou les activités de la vie courante
  - 3) Les difficultés mathématiques ne sont pas liées à un déficit sensoriel.

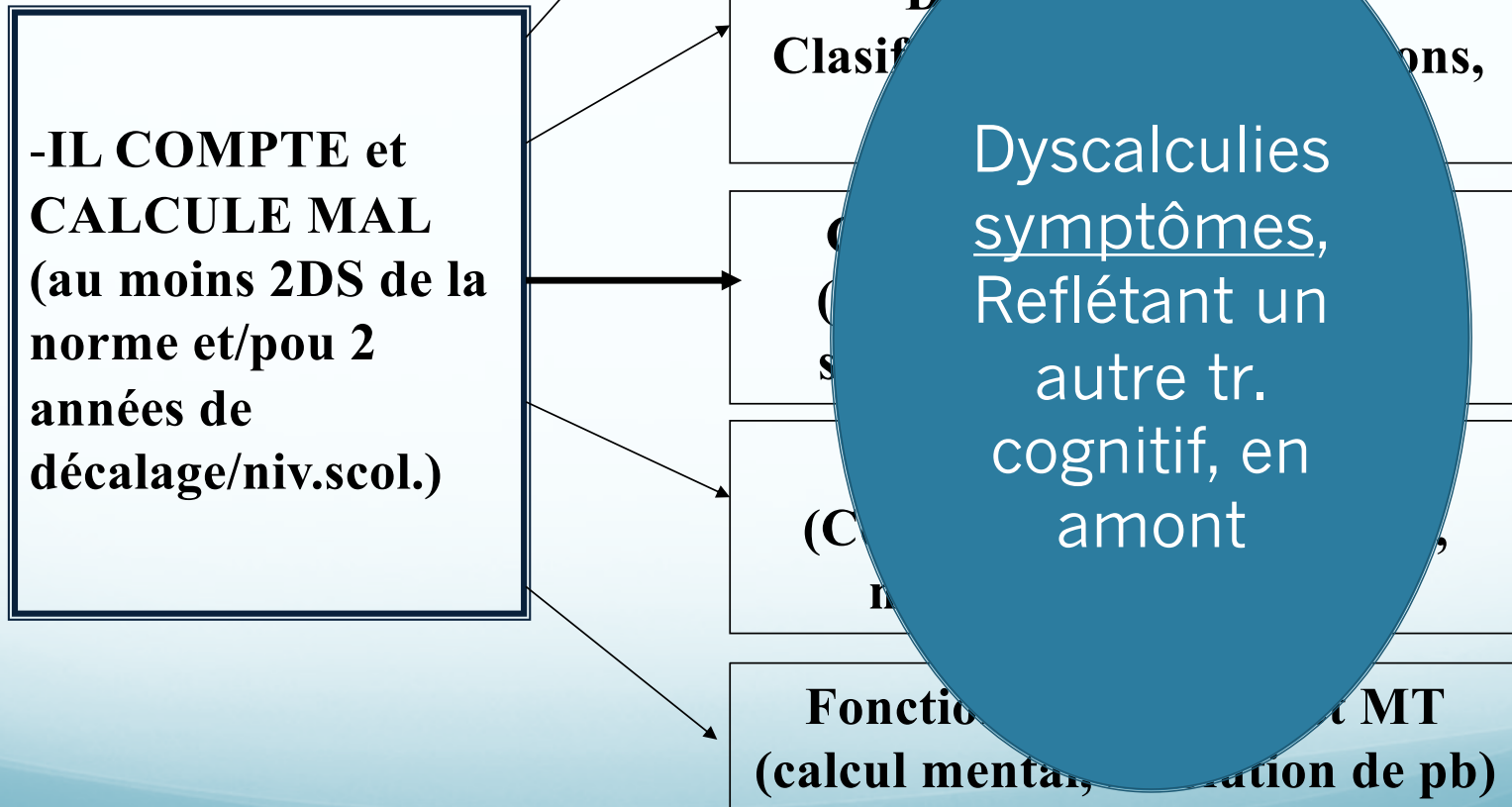
# manifestations

- L' enfant ne peut se libérer de matériel concret.
- Il compte sur ses doigts jusqu' à la deuxième ou la troisième année primaire.
- Il apprend par cœur le résultat d' opérations arithmétiques mais ne les comprend pas.
- Répéter et s' exercer n' apporte que peu d' amélioration

# manifestations (suite)

- L'écopier éprouve de grandes difficultés à se représenter des formes géométriques, à lire l'heure, à évaluer les distances ou des laps de temps et à reconnaître des suites numériques régulières.
- Les devoirs d'arithmétique à faire à la maison sont souvent un cauchemar et prennent un temps fou.
- Les échecs en mathématiques provoquent une aversion contre l'école en général.

# Symptômes vs Diagnostic



# Le sens « inné » du nombre

- Dehaene, 1995 etc...
- Représentation analogique de **petites** quantités disponible précocement (innées ; compétences sélectionnées par l'Evolution ...)
- Capacités perceptives, indépendantes du langage et de l'éducation : universelle
  - évaluation approximative (**estimation**) et comparaison **rapide** de Q



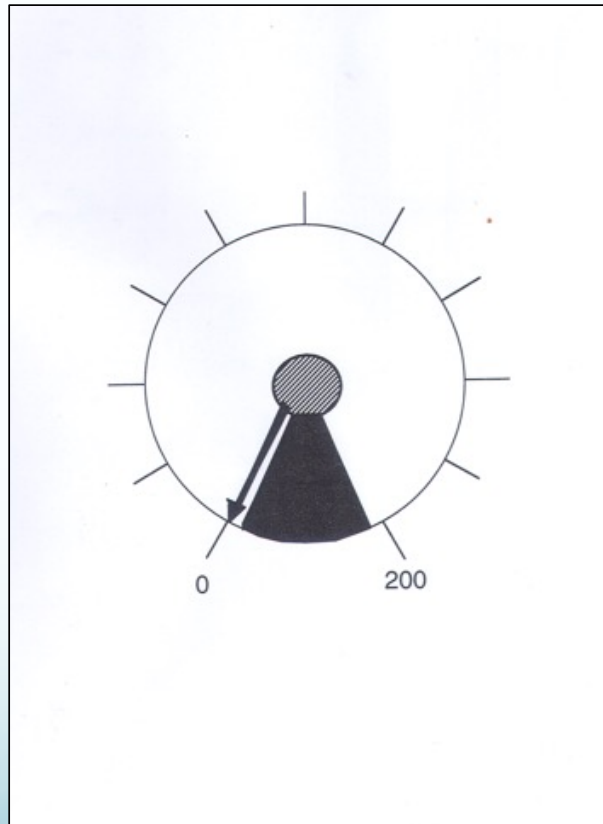
# Représentations analogiques du nbre



Un peu, beaucoup, énormément, plus que ...

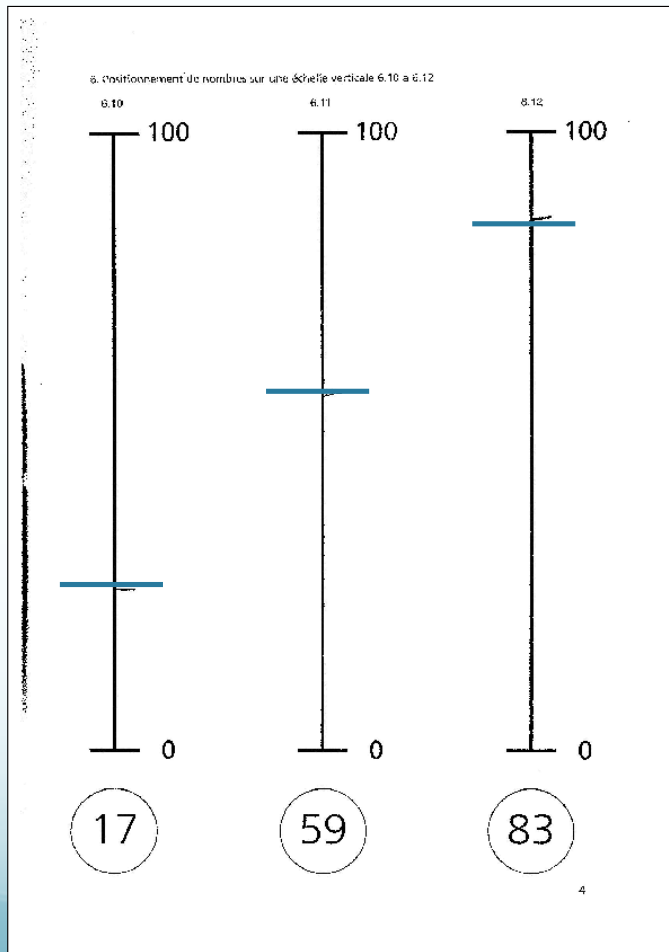


## Représentation analogique du nombre : Le compteur de vitesse (NUMERICAL)

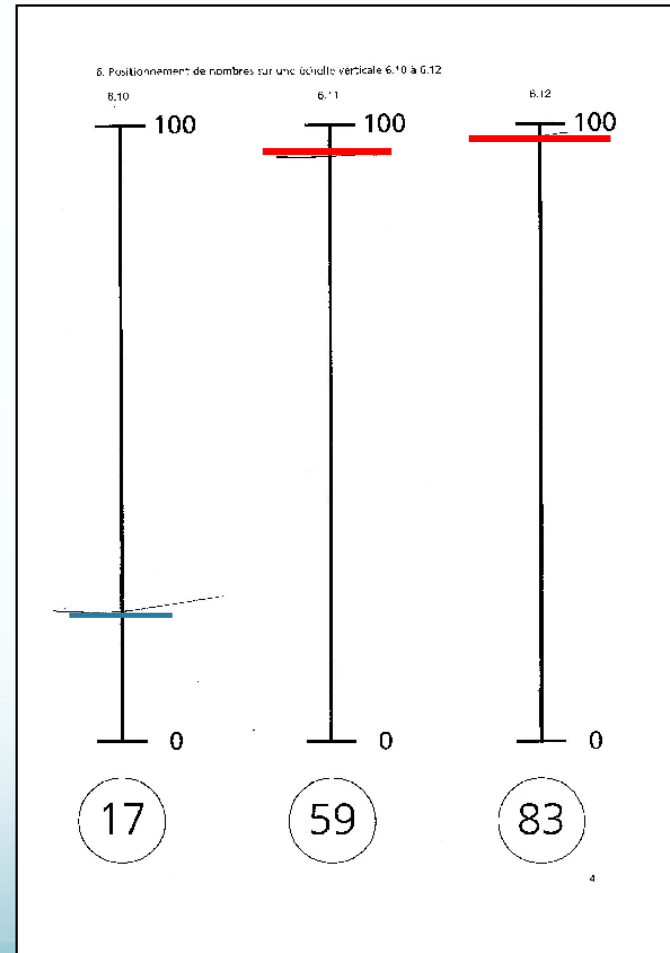


# Placement de nombres, lignes analogiques (Zareki)

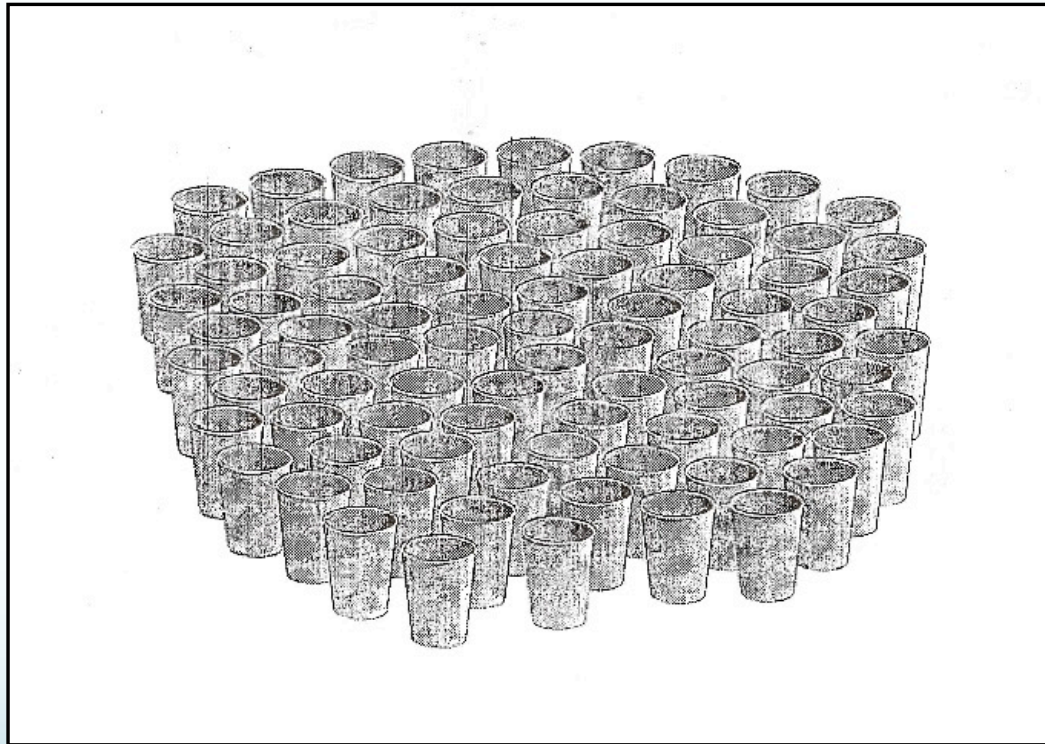
**J.** : Placement correct



**E.** : Placement incorrect



Le Sens du Nombre :  
Estimer visuellement une quantité  
(présentation 5 sec.)



Zaréki-R, Norme enfants 6-11ans  $\frac{1}{2}$  : 25 à  
125

# Estimation de quantité en contexte

Item.	Stimulus	Réponse			Note	
		Peu	Moyen	Beaucoup		
10.1	Deux nuages dans le ciel		✓		0	1
10.2	Huit lampes dans une pièce		✓		0	1
10.3	Deux enfants dans une famille	✓			0	1
10.4	Dix feuilles sur un arbre		✓	✓	0	1
10.5	Quatre professeurs dans la même classe			✓	0	1
10.6	Douze spectateurs à un match de football			✓	0	1
10.7	Quinze mots dans un livre			✓	0	1
10.8	Quarante-six enfants dans la même classe			✓	0	1
10.9	Un ordinateur dans un bureau		✓		0	1
10.10	Quatre réfrigérateurs dans une cuisine			✓	0	1

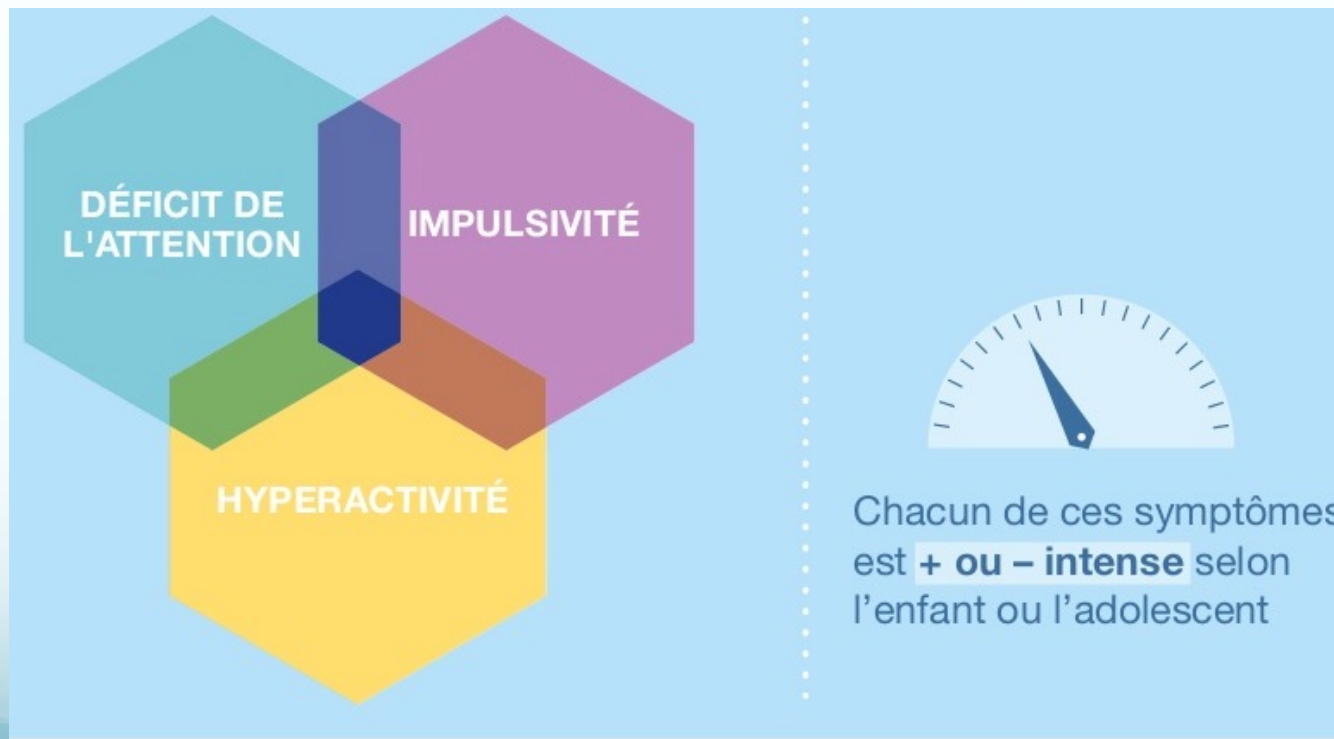
NOTE BRUTE (0 à 10) : 4

T.D.A. (H.)



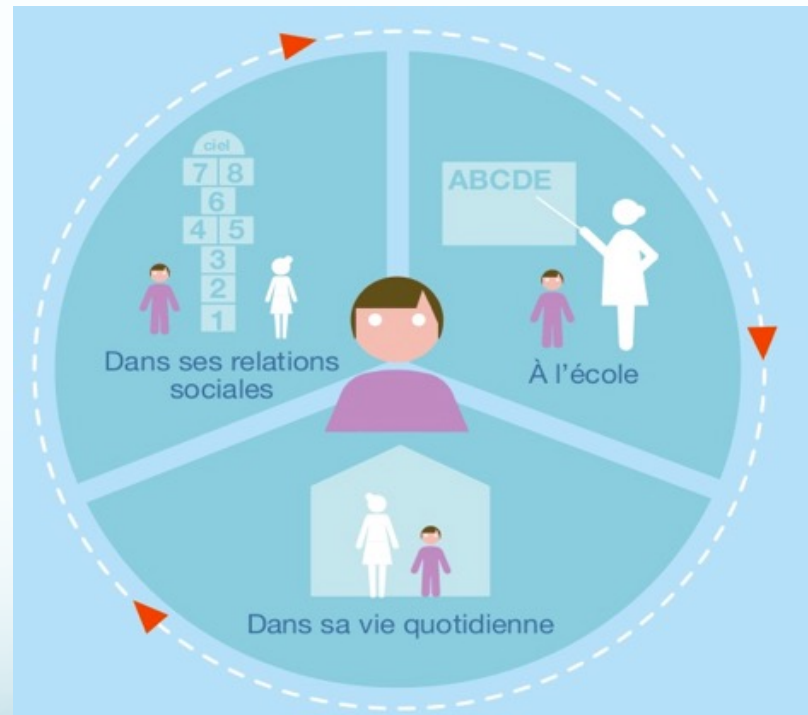
## 3 symptômes différents

- On assimile souvent le TDAH à des enfants turbulents.
- Il s'agit pourtant d'un trouble complexe qui associe 3 symptômes différents



## Une souffrance qui affecte le quotidien

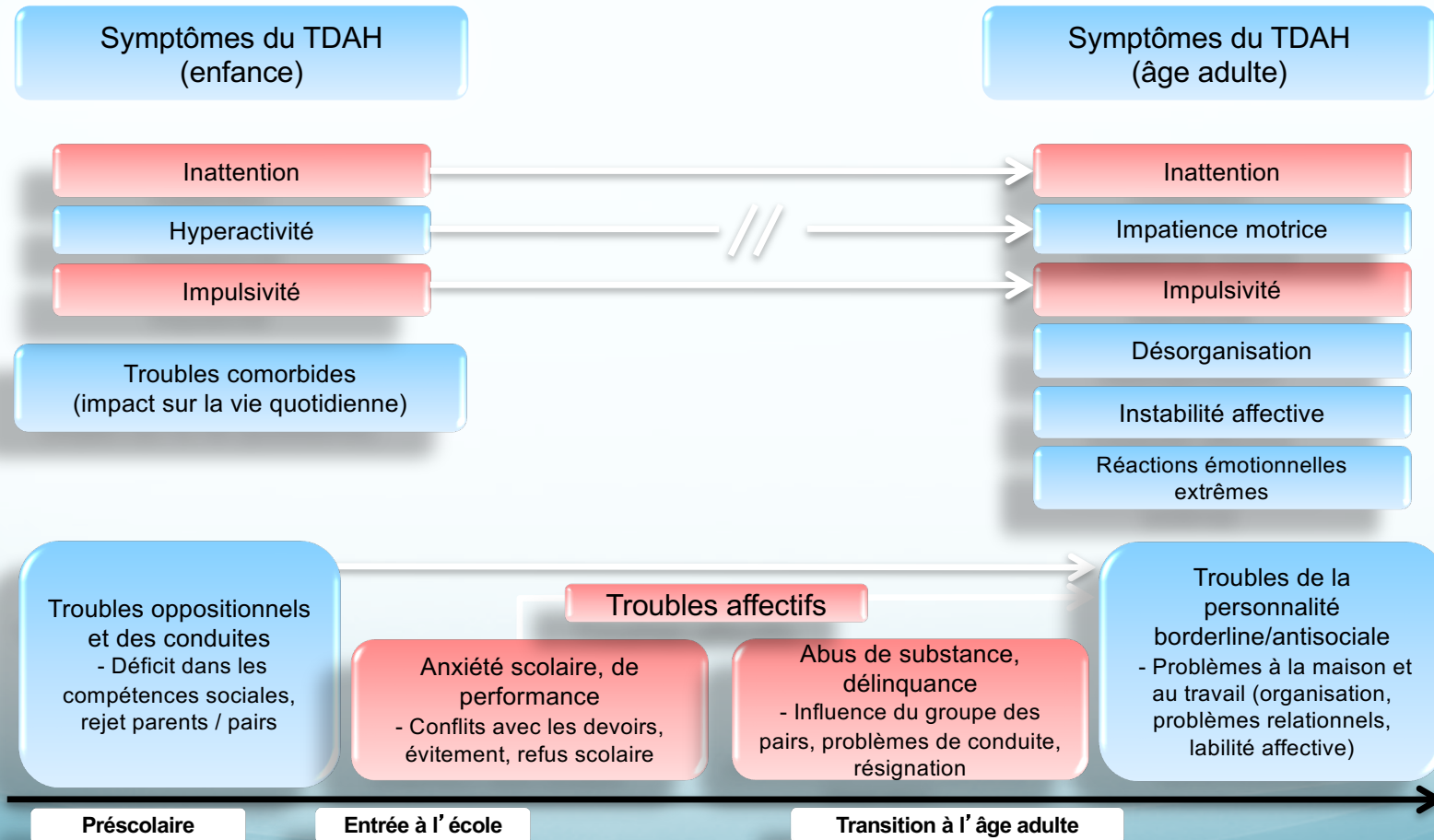
- Le TDAH peut engendrer une souffrance et avoir un impact négatif sur le quotidien de l'enfant ou de l'adolescent .



Si cette souffrance affecte chaque moment du quotidien et persiste dans le temps, une prise en charge est nécessaire .

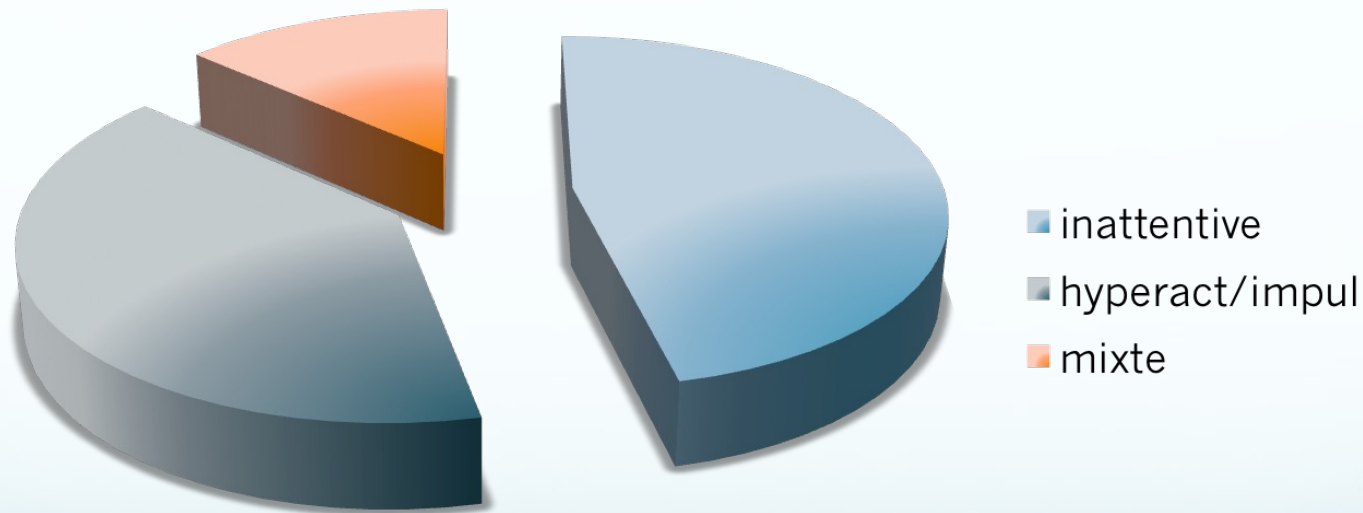


# TDAH : Des symptômes qui varient au cours du développement



# Incidence en France : 3,5%

Lecendreux et al., 2010



## En famille:

- enfant opposant,
- n'écoute rien, chahuteur,
- se lève de table au milieu des repas,
- perd toujours ses affaires,
- souvent irritable,
- entêté, autoritaire

## **A L'Ecole:** ++ car nombreux distracteurs

enfant agité, bavard, turbulent,  
excessif, impulsif,  
perturbateur au niveau du groupe,  
“intelligent mais... ”,  
pas concentré, inattentif

# DEVENIR DE L'ENFANT HYPERACTIF

- Adolescence Prévalence: 30 à 70% des enfants TDAH.
- Persistance du trouble complet dans 1/3 des cas avec une répartition de 3 hommes pour une femme
- A l'adolescence le trouble hyperactivité s'amende dans une majorité des cas, le tb impulsivité persiste davantage alors que les troubles d'attention, de contrôle, d'anticipation et de planification seraient les plus durables.
- Niveau scolaire moins accompli que chez les témoins, plus de redoublements, de scolarités aménagées et moins de succès aux examens universitaires.
- Fonctionnement social moins bon, faible estime de soi allant jusqu'à la dépression (conscience du décalage et de l'écart maintenu par les pairs). Troubles des conduites sociales (30%), abus de substances toxiques. Souvent liés à la survenue d'incidents, AVP, prise de risque sportif ou clairement délinquance avec parfois actes délictueux voire criminels

<i>Pour chaque item, choisissez la colonne qui décrit mieux l'enfant:</i>	Pas du tout	Un peu	Souvent	Très souvent
1. Souvent ne parvient pas à prêter attention aux détails ou fait des fautes d'étourderie dans ses travaux scolaires				
2. A souvent de la difficulté à soutenir son attention dans les tâches ou dans les jeux				
3. Semble souvent ne pas écouter lorsqu'on lui parle personnellement				
4. Souvent ne se conforme pas aux consignes et ne parvient pas à terminer ses travaux scolaires				
5. A souvent de la difficulté à organiser ses tâches ou ses activités				
6. Souvent, évite, a en aversion ou fait à contrecoeur les tâches qui nécessitent un effort mental soutenu				
7. Perd souvent les objets nécessaires à ses tâches ou activités (p. ex., devoirs de classe, stylos ou livres)				
8. Se laisse souvent distraire par des stimulus externes				
9. A des oublis fréquents dans les activités de la vie quotidienne				
10. A souvent de la difficulté à maintenir sa vigilance, se concentrer sur des requêtes, ou à exécuter des instructions				
11. Agite souvent les mains ou les pieds				
12. Se lève souvent en classe alors qu'il devrait rester assis				
13. Souvent, court ou grimpe partout, dans des situations où cela est inapproprié				
14. A souvent du mal à se tenir tranquille dans les jeux ou les activités de loisirs				
15. Est souvent en mouvement ou agit souvent comme s'il était monté sur des ressorts				
16. Parle souvent trop				
17. Laisse souvent échapper la réponse à une question qui n'est pas encore entièrement posée				
18. A souvent de la difficulté à attendre son tour				
19. Se met souvent en colère				
20. Contesté souvent ce que disent les adultes				
21. S'oppose souvent activement ou refuse de se plier aux demandes ou aux règles des adultes				
22. Contrarie souvent les autres délibérément				
23. Fait souvent porter aux autres la responsabilité de ses erreurs ou de sa mauvaise conduite				
24. Est souvent susceptible ou facilement agacé par les autres				
25. Est souvent fâché et plein de ressentiment				
26. Se montre souvent méchant ou vindicatif (veut se venger)				

**Annexe IV : exemple  
d'outil de diagnostic  
pouvant être utilisé par le  
médecin de premier  
recours :  
SNAP-IV**

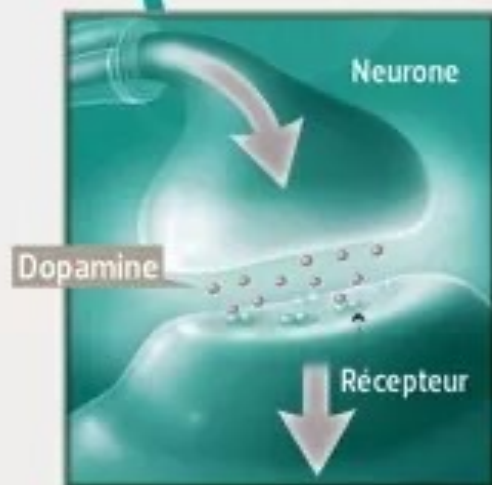
# Des différences dans le fonctionnement du **CERVEAU**

**1** Un déterminisme génétique qui entraîne...



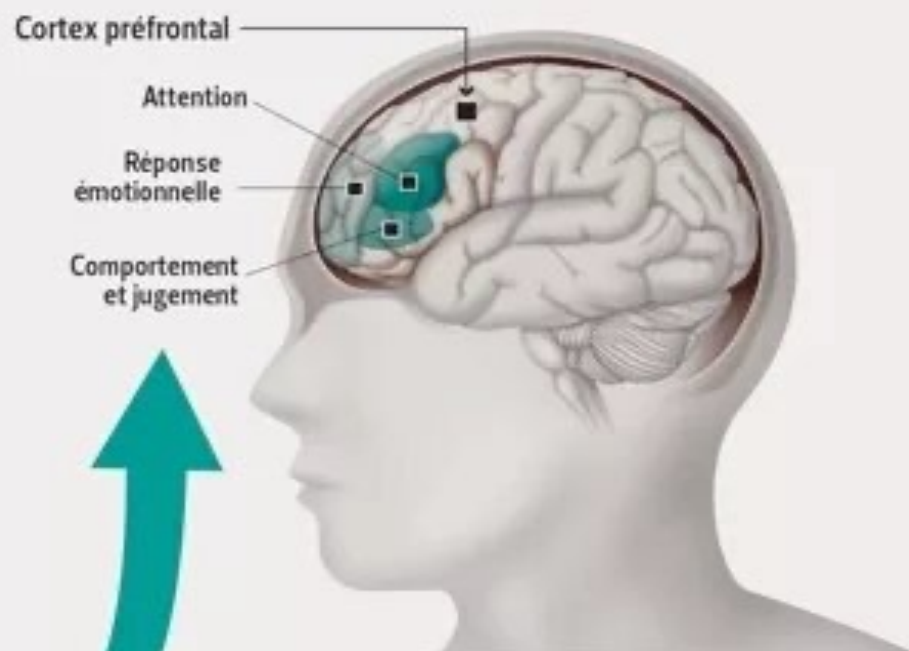
**Les gènes impliqués** dans les troubles du déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité sont ceux qui jouent un rôle dans le métabolisme de la dopamine.

**2** ... une mauvaise régulation de la dopamine...



**Une mauvaise régulation de la dopamine** (médiateur du circuit de la récompense et de la motivation) altère les échanges d'informations au niveau des neurones.

**3** ... et un dysfonctionnement du cerveau



**Le fonctionnement du lobe frontal est perturbé.** C'est cette partie du cerveau qui sert à programmer, planifier, inhiber des comportements impulsifs.