

Brain (2000), 12A, 2373-2399

REVIEW ARTICLE

**The neurological basis of developmental dyslexia
An overview and working hypothesis**

Michel Habib


Cognitive Neurology Laboratory, Department of Neurology, Institut Universitaire de Gériatrie, 4563 St. Queen Mary, Montreal (QC), Canada H3T 1R3
E-mail: rap@montreal.ahs-ulb.fr

Dislexia 2000-2010 : nuevos aportes y perspectivas

Pubmed desde 2000 hasta hoy : 1400 artículos con "child dyslexia", incluso 150 en 2009; por comparación : "child epilepsy" : 10000 de los cuales 800 en 2009 et "child ADHD" : 6500 de los cuales 700 en 2009

Plan de la exposición

- Dislexia entre los trastornos de aprendizaje
 - Definiciones : el DSM-IV : su fuerza y sus límites
 - Del DSM hasta una concepción neuropsicológica
- Proponiendo una nueva clasificación clínica
 - basada sobre la noción de *síndrome*
 - con potencialidad explicativa
- Teorías explicativas
 - Una teoría dominante : trastorno fonológico
 - Teorías alternativas
 - Hacia una explicación global



<http://ist.inserm.fr/basisrapports/dyslexie.html>

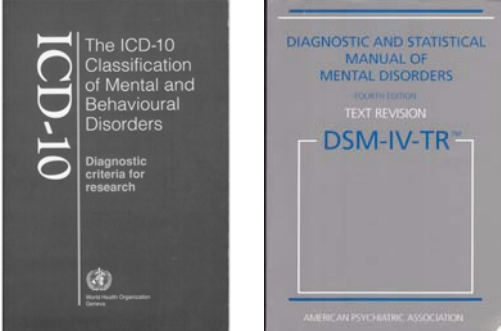
Otros documentos

(en Frances)

<http://www.resodys.org/chapitre-forum-SNFL09>

<http://www.resodys.org/habib-Joly-Pottuz-dyslexie>

I/ definiciones : una evolución necesaria



1992 : la CIE-10 1994 : el DSM-IV

CLASIFICACIÓN DE LOS TRASTORNOS DEL DESARROLLO (DSM-IV)

- **TRASTORNOS DEL APRENDIZAJE** (Trastorno de la lectura, Trastorno de la Expresión Escrita, Trastorno del Cálculo).
- **TRASTORNO DE LAS HABILIDADES MOTORAS** (Trastorno de la Coordinación)
- **TRASTORNOS DE LA COMUNICACIÓN** (Trastornos Expresivos del Lenguaje; Trastornos Mixtos de tipo receptivo-expresivo; Trastorno Fonológico; Tartamudez).

Dislexia = un prototipo de trastorno específico

- Definición: "trastorno que se manifiesta en dificultades para aprender a leer, a pesar de una instrucción convencional, inteligencia adecuada, y oportunidad socio-cultural. Depende de alteraciones cognoscitivas fundamentales, que frecuentemente son de origen constitucional". (Crichtley, 1985).

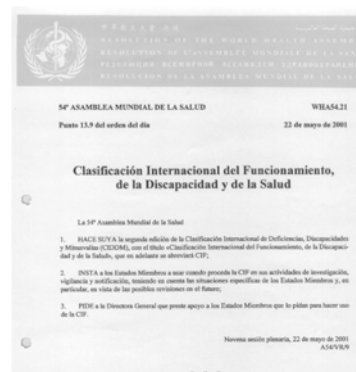
Tres puntos importantes:

- **Específico**, ya que existe una inteligencia normal, de lo contrario se trataría de un trastorno inespecífico o global del aprendizaje;
- **Defecto cognoscitivo**, no psico-comportamental, aunque de hecho no se excluye la eventual asociación con problemas comportamentales.
- **Origen constitucional**, su presentación suele ser por líneas familiares.

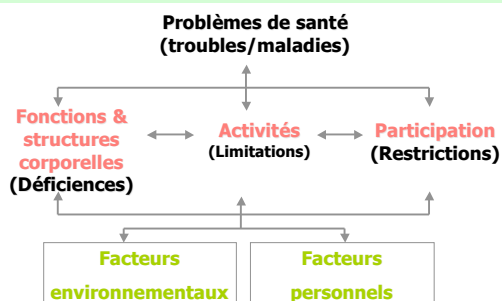
Una definición "moderna"

Trastorno de aprendizaje caracterizado por un defecto de eficiencia o fluidez de los mecanismos de reconocimiento de las palabras escritas y/o de la ortografía, ocurriendo sin lesión cerebral o patología psiquiátrica, y insospechado respecto a inteligencia y oportunidades socioeducativas. Dicho trastorno es por esencia neurobiológico, de origen probablemente genética, vinculado en la mayoría de los casos a un defecto de desarrollo de precursores lingüísticos y/o cognoscitivos imprescindibles para la instalación del lenguaje escrito.

según Lyon, 2003



Classification internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé (CIF, OMS, 2001)



Trastorno del aprendizaje : una doble discapacidad

Discapacidad del aprendizaje

Limitación de actividad en los aprendizajes iniciales



Discapacidad en la utilización de competencias

Falta de oportunidad en la adquisición de conocimientos, informaciones, etc...

Sufrimiento psíquico vinculado al fracaso escolar
Baja autoestima
Pérdida de oportunidad por actividades extra-escolares
Pérdida de oportunidad por el ascenso escolar
Limitación en escala social
Limitación de florecimiento familiar y personal

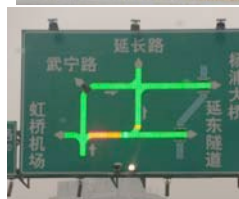
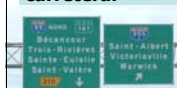
Ejemplo : un adolescente disgráfico no puede copiar o escribir espontáneamente solo al precio de enormes esfuerzos y con extrema lentitud, lo que lo penaliza para todas las tareas escritas.

Sustituir la expresión escrita por el uso de computadora permite limitar la penalización debida a la lentitud y la fatiga. Resulta a la vez útil para aumentar la auto-estima y brinda oportunidades para un mejor éxito académico.

el ditto petit paine. Voud m'excuser
s simple on voit bien que le papier
est inutilisable pour les élèves. Est le temps
utilisé pour la machine. Plus si on est
responsable pour toujours de s'efforcer



Otro ejemplo : un adulto disléxico no puede orientarse en auto en un ambiente complejo si no llega a decodificar suficientemente rápido los señales de la carretera.



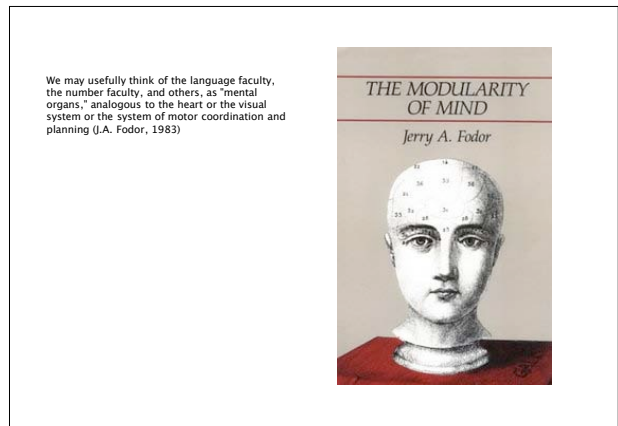
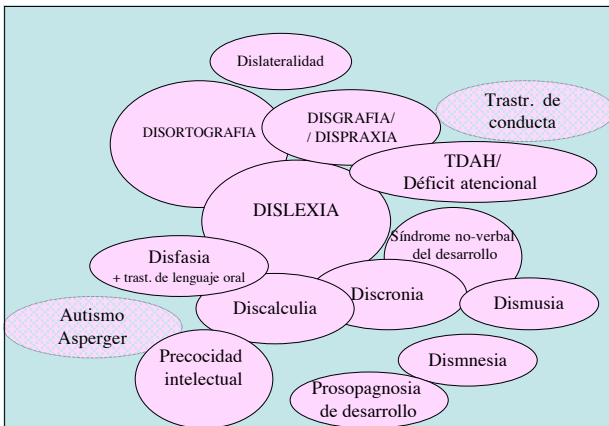
La discapacidad crece cuando disminuye la familiaridad...

pero desaparece en chino, donde somos todos disléxicos!

II/ Una concepción neuropsicológica de la dislexia

Una concepción neuropsicológica del aprendizaje

- Para entender los problemas de aprendizaje relacionados con el desarrollo, es importante considerar como punto de partida que *las habilidades cognitivas no son homogéneas*: pueden presentar una dispersión individual importante.
- Si existe un desarrollo cognoscitivo adecuado con un área particularmente deficitaria, nos referimos a un "trastorno específico del aprendizaje".



La noción de *síndrome* en neuropsicología

- Una colección de síntomas sobreviniendo en co-ocurrencia
- Porqué tal co-ocurrencia?
 - Procesos sub-yacentes compartidos
 - Substrato cerebral sub-yacente compartido

Ejemplo de los síndromes afásicos : "artefactos vinculados a la anatomía vascular del cerebro" (Willmes & Poeck, 1993)

- 80% de los afásicos por lesión vascular suelen agrupados por entidades definidas (clusters)
- tales subgrupos pueden no comparten mas que una similitud "de superficie sin tener verdaderamente mecanismos comunes.

Síndromes : de la patología lesional hacia la patología del desarrollo (1)

- Ejemplo 1 : disfasia fonológica-sintáctica
 - Tipo muy frecuente de disfasia
 - Trastorno predominante en el desempeño expresivo
 - Alteración cualitativa y cuantitativa de la producción fonológica
 - Alteración asociada de la comprensión sintáctica
- Parecido a afasia de Broca
- Comparaciones similares posibles con otros tipos de difasia (receptivas <-> Wernicke)

Síndromes : de la patología lesional hacia la patología del desarrollo (2)

- Ejemplo 2 : síndrome de Gerstmann (1924)
 - Lesión parietal izquierda : agrafia, desorientación D-I, agnosia digital, acalculia (± apraxia constructiva)
 - De desarrollo (Kinsbourne & Warrington, 1963) :
 - La mayoría de las veces : incompletos,
 - Principalmente : lesiones precoces
 - Diferencia CIP/CIV > 15 puntos a expensas de CIP
 - Consideraciones fisiopatológicas : correlación entre test de gnosias digitales y desempeño con tareas numéricas (Marinthe, Fayol et Barouillet, 2001)

Brain (1999), 122, 1107-1120

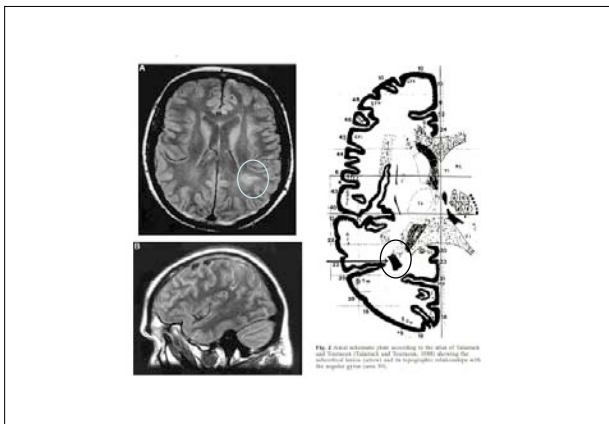
A pure case of Gerstmann syndrome with a subangular lesion

Eugene Mayer,¹ Marie-Dominique Martory,¹ Alan J. Pegna,¹ Theodor Landis,² Jacqueline Delavelle³ and Jean-Marie Annoni¹

¹Neuropsychology Unit, ²Neurology Clinic and ³Neuroradiology Unit, Department of Radiology, Geneva University Hospital, Switzerland

Correspondence to: Eugene Mayer, Neuropsychology Unit, Neurology Clinic, Geneva University Hospital, 1211 Geneva 14, Switzerland. E-mail: eum@ulgenes.hcuge.ch

Summary
The four symptoms composing Gerstmann's syndrome were postulated to result from a common cognitive denominator (Grundstörung) by Gerstmann himself. He suggested that it is a disorder of the body schema restricted to the hand and fingers. The existence of a Grundstörung has since been contested. Here we suggest that a common psychoneurological factor does exist, but should be related to transformations of mental images rather than to the body schema. A patient (H.F.) was studied, who presented the four symptoms of Gerstmann's syndrome in the absence of any other neuropsychological disorders. MRI showed a focal ischaemic lesion, situated subcortically in the inferior part of the left angular gyrus and reaching the superior posterior region of T1. The cortical layers were spared and the lesion was seen to extend to the callosal fibres. On the basis of an extensive cognitive investigation, language, praxis, memory and intelligence disorders were excluded. The four remaining symptoms (finger agnosia, agraphia, right-left disorientation and dyscalculia) were investigated thoroughly with the aim of determining any characteristics that they might share. Detailed analyses of the tetrad showed that the impairment was consistently attributable to disorders of a spatial nature. Furthermore, cognitive tests necessitating mental rotation were equally shown to be impaired, confirming the essentially visuospatial origin of the disturbance. In the light of this report, the common cognitive denominator is hypothesized to be an impairment in mental manipulation of images and not in body schema.



A Disconnection Account of Gerstmann Syndrome: Functional Neuroanatomy Evidence

Elena Rusconi, PhD,^{1,2} Philippe Pinel, PhD,^{1,3,4} Evelyn Eger, MD,^{1,3,4} Denis LeBihan, MD, PhD,^{3,4} Bertrand Thirion, PhD,³ Stanislas Dehaene, PhD,^{1,3,4} and Andreas Kleinschmidt, MD, PhD^{1,3,4}

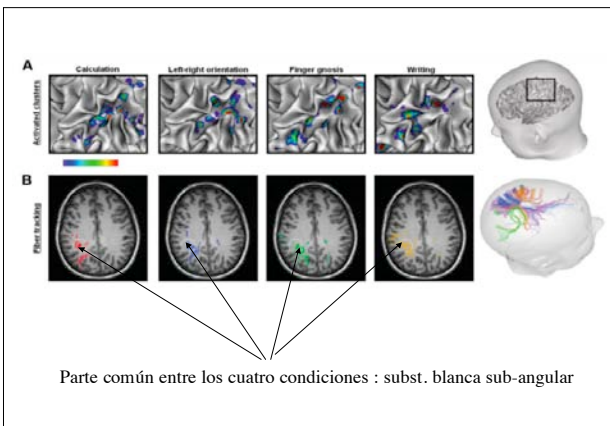
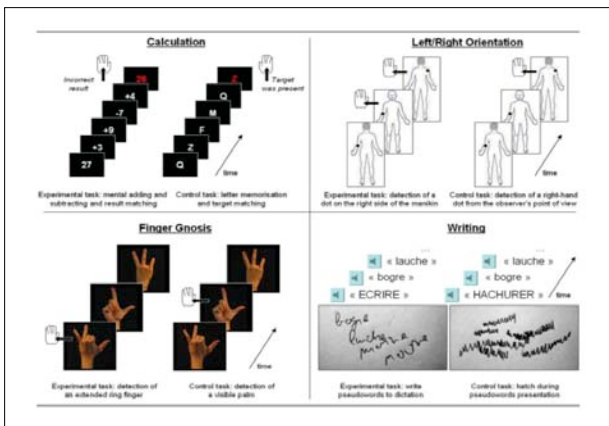
Objective: To examine the functional neuroanatomy that could account for pure Gerstmann syndrome, which is the selective association of acalculia, finger agnosia, left-right disorientation, and agraphia.

Methods: We used structural and functional neuroimaging at high spatial resolution in healthy subjects to seek a shared cortical substrate of the *Gerstmann's tetrad* posited by Gerstmann, i.e. a common functional denominator accounting for this clinical tetrad. We constructed a functional activation paradigm that mirrors each of the four clinical deficits in Gerstmann syndrome and determined cortical activation patterns. We then applied fiber tracking to diffusion tensor images and used cortical activation foci in the four functional domains as seed regions.

Results: None of the subjects showed parietal overlap of cortical activation patterns from the four cognitive domains. In every subject, however, the parietal activation patterns across all four domains consistently connected to a small region of subcortical parietal white matter as a location that is congruent with the lesion in a well-documented case of pure Gerstmann syndrome.

Interpretation: Our functional neuroimaging findings are not in agreement with Gerstmann's postulate of damage to a common cognitive function underpinning clinical agraphia. Our evidence from *in vivo* functional neuroanatomy suggests that pure forms of Gerstmann's tetrad do not arise from lesion to a shared cortical substrate but from intraparietal disconnection after damage to a focal region of subcortical white matter.

Ann Neurol 2009;66:654-662

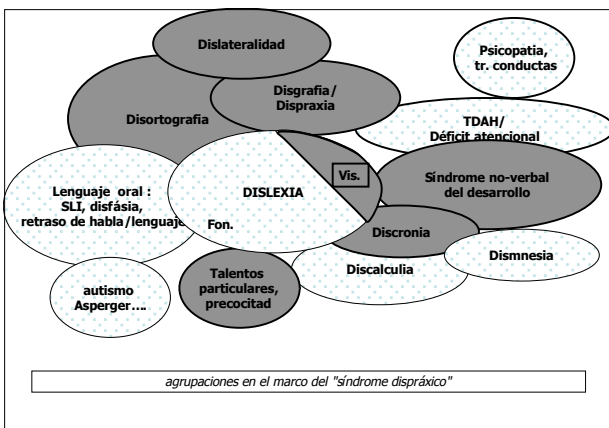
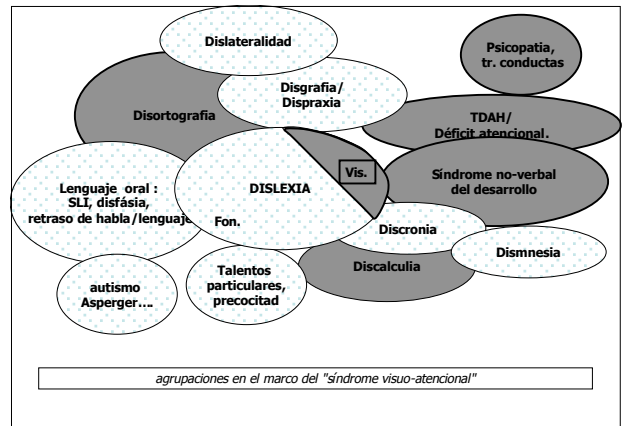
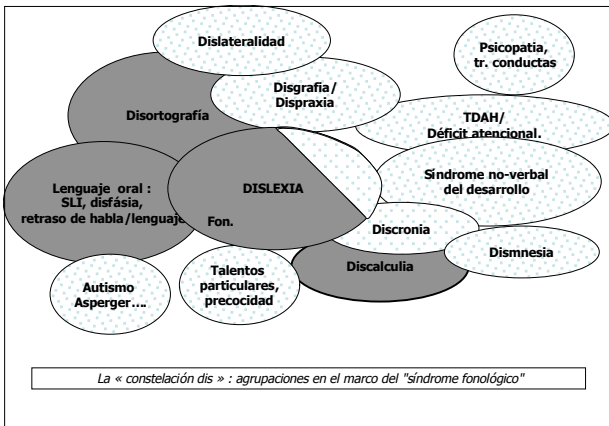


La noción de síndrome en la dislexia

- Se impone al clínico debido a la frecuencia de agrupaciones de síntomas
- Se manifiesta con más claridad cuando se encuentran diferencias importantes entre dominios cognitivos explorados
- Tiene mucha pertinencia para el razonamiento clínico
- La co-ocurrencia de déficit con dominios diferentes posee necesariamente alguna significación fisiopatológica y también proporciona pistas para investigar mecanismos comunes.

La dislexia como síntoma incluido dentro de un síndrome

- **Síndrome fonológico** : dislexia, historia de fallas del lenguaje oral, déficit mayor para la decodificación, trastorno de conciencia fonológica, trastorno de memoria auditivo-verbal a corto plazo, trastorno de denominación rápida, WISC-IV : ICV-IRP
- **Síndrome visuo-atencional** : dislexia, decodificación correcta pero lentitud y/o paralexias de derivación o semánticas, 2 tipos :
 - ninguna historia de retraso del lenguaje oral, conciencia fonológica : normal, falla en tareas atencionales, trastorno de memoria de trabajo. Forma pura : defecto en el funcionamiento de la "ventana atencional" (Valdois)
 - Dislexia "mixta", inicialmente fonológica luego con evolución hacia un perfil visuo-atencional
- **Síndrome dispráxico** : retraso en las adquisiciones motoras respecto al lenguaje, disgrafía, inestabilidad oculo-motora, + posible trastorno espacial, discalculia espacial, precocidad intelectual. WISC-IV : IRP<ICV



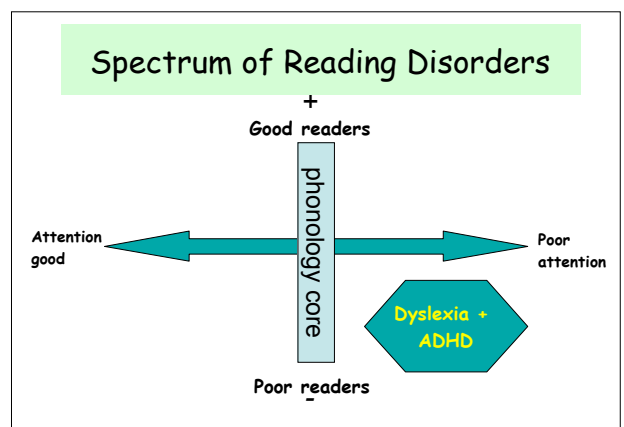
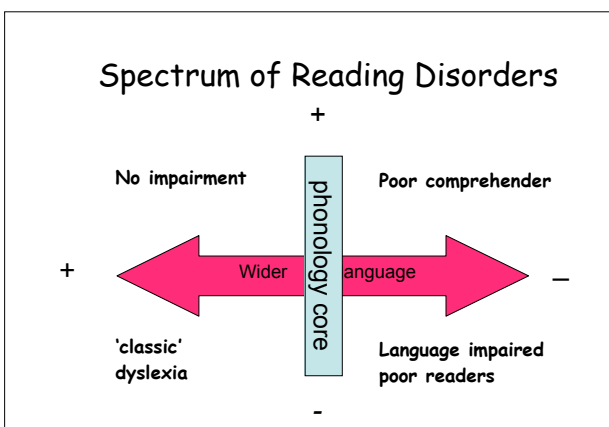
Centre for Reading and Language

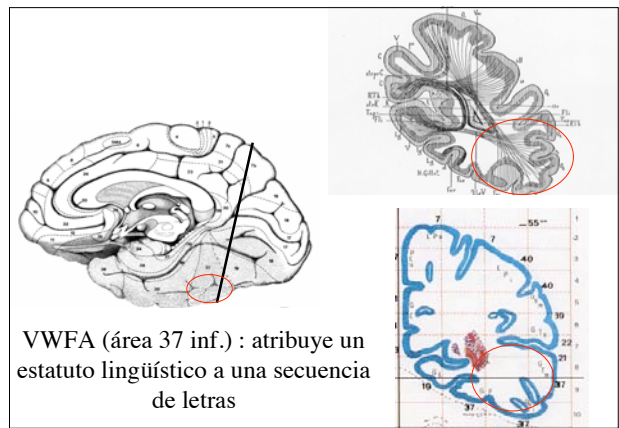
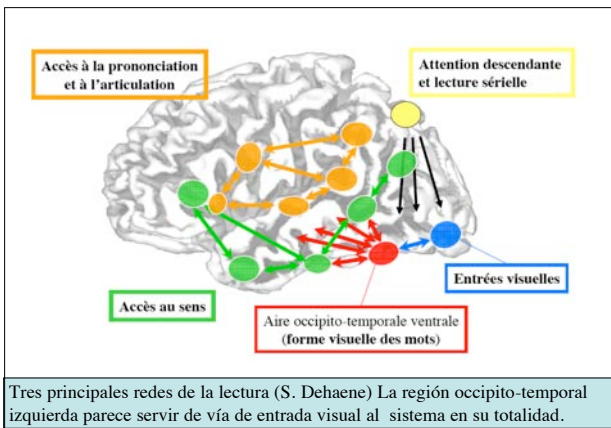
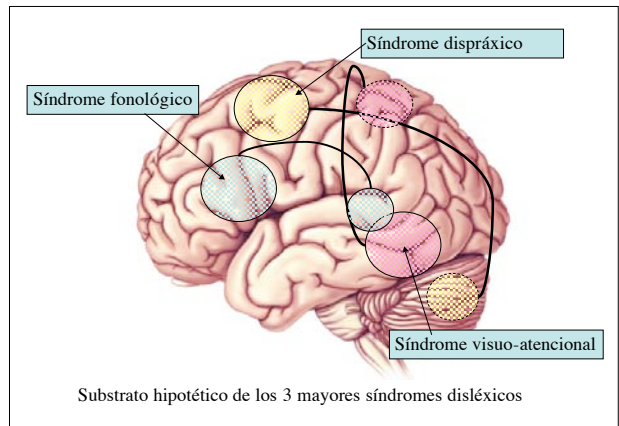
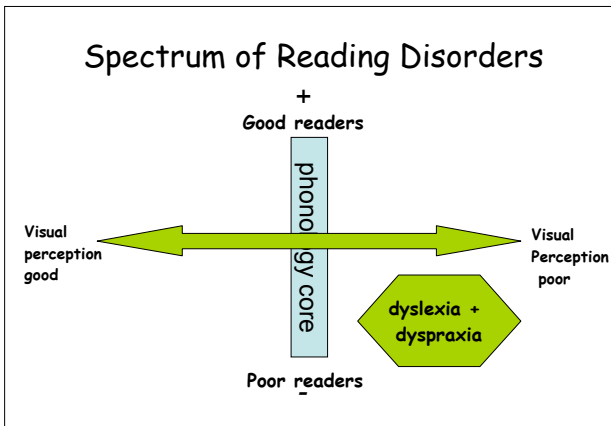
Redefining Dyslexia

Maggie Snowling

<http://www.york.ac.uk/res/crl/>

THE UNIVERSITY of York





Dyslexia: Cultural Diversity and Biological Unity

E. Paulesu,^{1,2*} J.-F. Démonet,² F. Fazio,^{2,4} E. McCrory,⁵ V. Chanoine,³ N. Brunswick,⁶ S. F. Cappa,² G. Cossu,¹ M. Habib,⁹ C. D. Frith,⁶ U. Frith⁷

The recognition of dyslexia as a neurodevelopmental disorder has been hampered by the belief that it is not a specific diagnostic entity because it has variable and culture-specific manifestations. In line with this belief, we found that Italian dyslexics, using a shallow orthography which facilitates reading, performed better on reading tasks than did English and French dyslexics. However, all dyslexics were equally impaired relative to their controls on reading and phonological tasks. Positron emission tomography scans during explicit and implicit reading showed the same reduced activity in a region of the left hemisphere in dyslexics from all three countries, with the maximum peak in the middle temporal gyrus and additional peaks in the inferior and superior temporal gyri and middle occipital gyrus. We conclude that there is a universal neurocognitive basis for dyslexia and that differences in reading performance among dyslexics of different countries are due to different orthographies.

Controls - dyslexics

*To whom correspondence should be addressed at University of Milan Bicocca. E-mail: emiliodpaulesu@unibicocca.it

Seminar

Developmental dyslexia

Jean-François Démonet, Margot J Taylor, Yves Chaux

Dysfunction of left inferior frontal area

Increased activation: fMRI, hierarchically organised tasks with phonological process;²⁴ PET, explicit and explicit word and pseudoword reading²⁷

Decreased activation: PET, memory task²⁸

Reduced activity in left parietal/temporal regions

PET, rhyming task;^{29,30} PET, pronunciation and decision making tasks;³¹ fMRI, hierarchically organised tasks with phonological process³² PET, reading³³

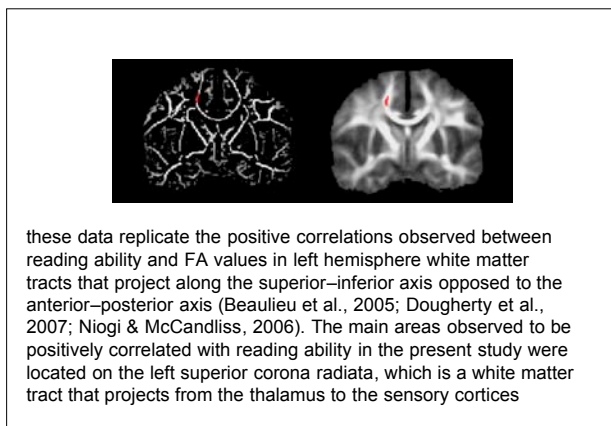
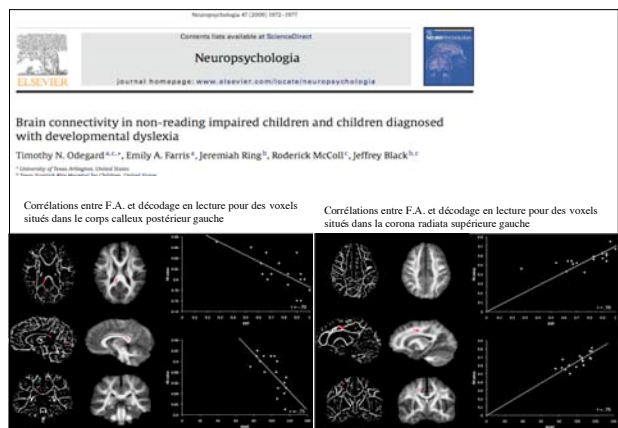
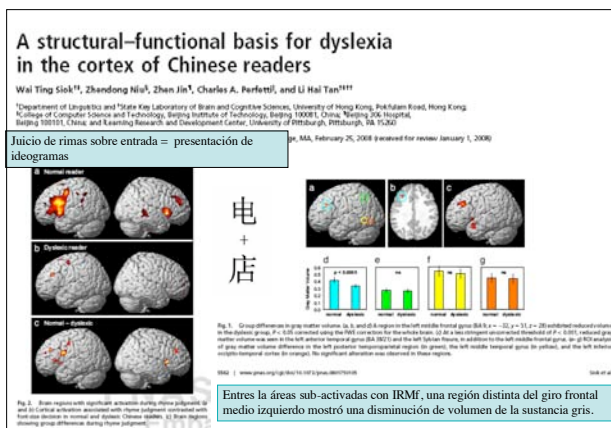
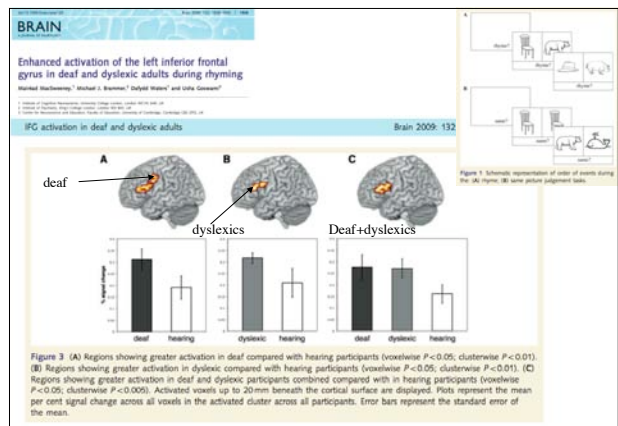
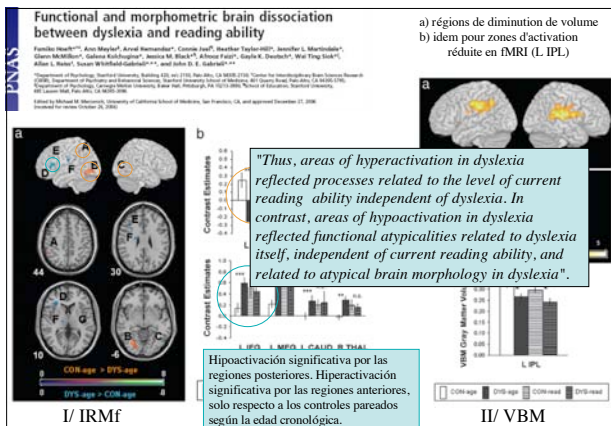
Lancet 2004; 363: 1451-60

INSERM U455, Hôpital Purpan, IFR 96, Toulouse, France (J.F. Démonet sc); CNRS UMR 5539, Faculté de Médecine de Toulouse-Rangueil, IFR 96, Toulouse, France (M.J. Taylor mc); and Unité de Neuro-Pédiatrie, Hôpital des Enfants, Toulouse, France (Y. Chaux cc)

Correspondence to: Dr J.F. Démonet (e-mail: demonet@toulouse.inserm.fr)

Reduced activity in left inferior temporal/occipital area

MEG, letter perception³⁴; PET, implicit and explicit word and pseudoword reading^{37,38}

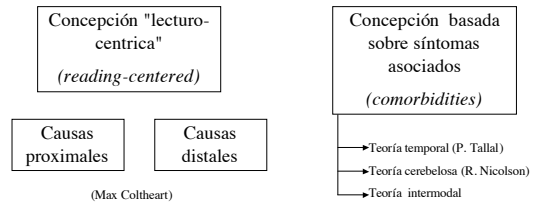


Resumiendo

- Una concepción neuropsicológica de la dislexia (y otros trastornos del aprendizaje) implica un razonamiento clínico con mayor énfasis sobre modularidad y co-ocurrencias.
- Los datos de las neuroimágenes concuerdan con la experiencia clínica demostrando la existencia de zonas focales de disfuncionamiento y, muy específicamente, un defecto de conectividad entre regiones corticales

III/ Teorías de la dislexia

Dos concepciones radicalmente diferentes



Coltheart's notion of proximal and distal causes:

- Proximal: "the particular abnormality of a child's reading system that is responsible for that child's poor reading"
- E.g. imperfect acquisition of the nonlexical route
- Distal: the underlying causes of the proximal difficulties

Proximal Causes

Developmental phonological dyslexia:

- Specific difficulty in acquiring the nonlexical route

Developmental surface dyslexia:

- Specific difficulty in acquiring the lexical route (orthographic lexicon)

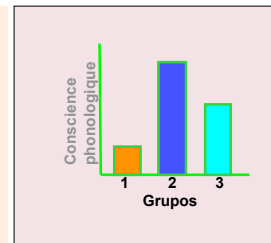
Distal causes

- Crossed laterality
- Visual perception deficit
- Eye-movement deficit
- Attentional deficit
- Eye focusing deficit
- Short term memory limitations
- Sequencing (temporal and/or spatial) deficit
- Maturation lag
- Deficiency in metalinguistic abilities
- Incompatibility of teaching and learning styles
- Perceptual-motor deficit

Pruebas de un vínculo conciencia fonológica – lectura

> Niños pobres lectores :

- Niños de 10 años con dificultades en lectura
- Niños de 10 años con ninguna dificultad
- Niños de 7 años sin dificultad y con el mismo nivel de lectura que los niños con dificultades



Bradley & Bryant (1978). Difficulties in auditory organisation as a possible cause of reading backwardness, *Nature*

Incidencia de un entranamiento fonológico en una lengua transparente : español

- Delfior & Tudela (1994): 4 varios programas por 20 semanas con tarea de clasificación
 - 2 grupos con criterio semantico
 - 2 grupos con criterio fonémico
 - Con o sin soporte escrito

Resultado :

- grupo fonémico con soporte superior a los 3 otros
- grupo fonémico solo no se distingue de 3 otros

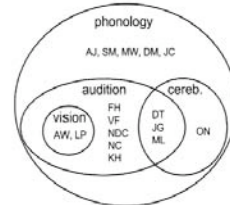
En cualquier sistema ortografico, el desarrollo de la conciencia fonémica Y el aprendizaje de las correspondencias grafo-fonémicas estan imprescindibles

DOI: 10.1093/brain/awg076

Brain (2003), 126, 841-865

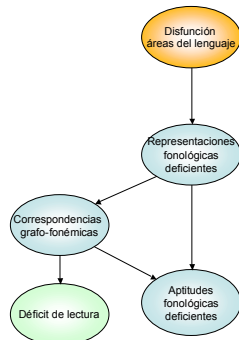
Theories of developmental dyslexia: insights from a multiple case study of dyslexic adults

Franck Ramus,^{1,2} Stuart Rosen,² Steven C. Dakin,³ Brian L. Day,⁴ Juan M. Castellote,^{4,5} Sarah White¹ and Uta Frith¹

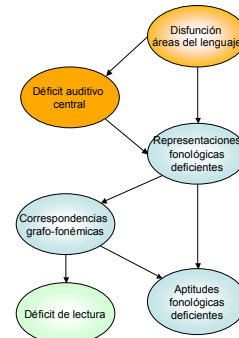


- Resultados principales :
 - 16/16 déficit fonológico
 - 10/16 déficit procesamiento auditivo [speech, nonspeech, slow and rapid]
 - 4/16 déficit motor
 - 2/16 déficit visual

Fig. 4 Distribution of phonological, auditory, visual and cerebellar disorders in the sample of 16 dyslexic adults. Initials refer to individual dyslexic subjects.



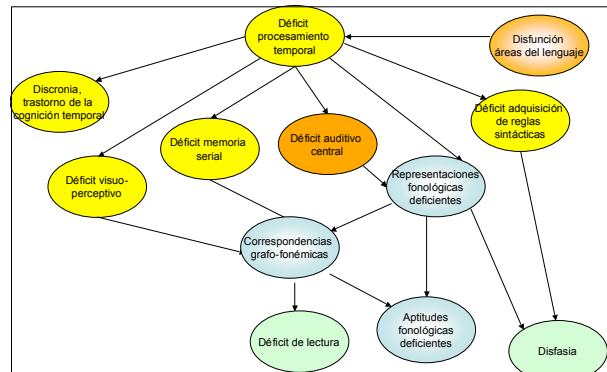
Teoría dominante : Teoría del déficit fonológico



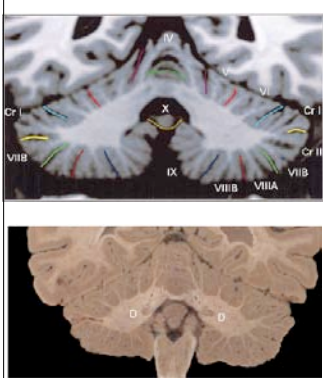
Variante : déficit auditivo-perceptivo



déficit auditivo-perceptivo



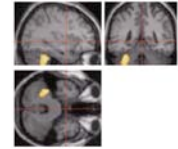
Teoría del déficit de procesamiento temporal (Tallal)



El cerebelo : un órgano con funciones múltiples et emergentes
 -Motricidad, coordinación, postura
 -Modulador de los aprendizajes procedurales y de los automatismos (sensorio-motores y cognitivos)
 - "Pace-maker" (marcador temporal) de estructuras subyacentes

Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis

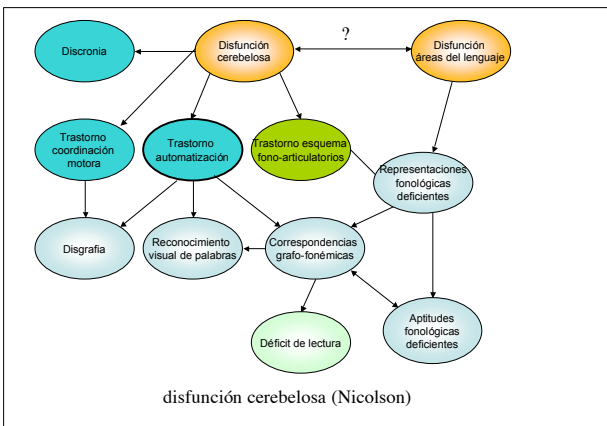
Roderick I. Nicolson, Angela J. Fawcett and Paul Dean



Surprisingly, the problems faced by many dyslexic children are by no means confined to reading and spelling. There appears to be a general impairment in the ability to perform skills automatically, an ability thought to be dependent upon the cerebellum. Specific behavioural and neuroimaging tests reviewed here indicate that dyslexia is indeed associated with cerebellar impairment in about 80% of cases. We propose that disorders of cerebellar development can in fact cause the impairments in reading and writing characteristic of dyslexia, a view consistent with the recently appreciated role of the cerebellum in language-related skills. This proposal has implications for early remedial treatment.

Nicolson et al., 1999

Nicolson et al., T.I.N.S., 2001



McGurk effect : an auditory /ba/ presented with a visual /ga/ is typically "heard" as /da/ (the reverse, i.e., auditory /ga/ and visual /ba/, tends to yield /bga/).

Effecto McGurk en adultos disléxicos y no-disléxicos

- 9 adultos con dislexia de desarrollo (4 M, 5 F; edad media: 38, range: 34-52) y 10 adultos no-dyslexics (5 M, 5 F; edad media: 30, range: 20-40)
- 81 presentaciones separadas por intervalos de 10 sec.
- 3 estímulos auditivos (/aba/, /ada/, o /aga/) asociados con pasajes video, bajo dos condiciones : congruente o incongruente.
- Previa validación del material : /aba/-/aga/, --> /ada/; /ada/-/aba/, --> /abda/; /aga/-/aba/, --> /abga/ (Cathiard et al., 2001).

K. Giraud, M. Habib, C. Liégeois-Chauvel, in press

Effecto McGurk en adultos disléxicos y no-disléxicos

COHERENT AUDIO-VISUAL - ABA										
	ABA	ADA	AGA	ABGA	ADGA	AGDA	ABDA	ADDA	AGDA	ABDA
Non-dyslexic	23	1	0	3	0	2	0	0	0	0
Dyslexic	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0

COHERENT AUDIO-VISUAL - ADA										
	ABA	ADA	AGA	ABGA	ADGA	AGDA	ABDA	ADDA	AGDA	ABDA
Non-dyslexic	0	80	0	0	0	0	1	0	10	0
Dyslexic	0	77	0	20	0	0	1	0	2	0

COHERENT AUDIO-VISUAL - AGA										
	ABA	ADA	AGA	ABGA	ADGA	AGDA	ABDA	ADDA	AGDA	ABDA
Non-dyslexic	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0
Dyslexic	0	1	81	0	4	0	4	0	0	0

Las tres condiciones coherentes

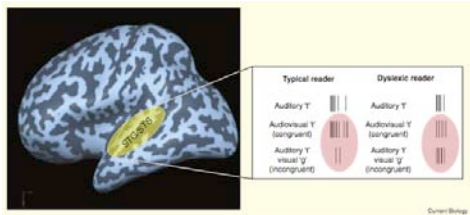
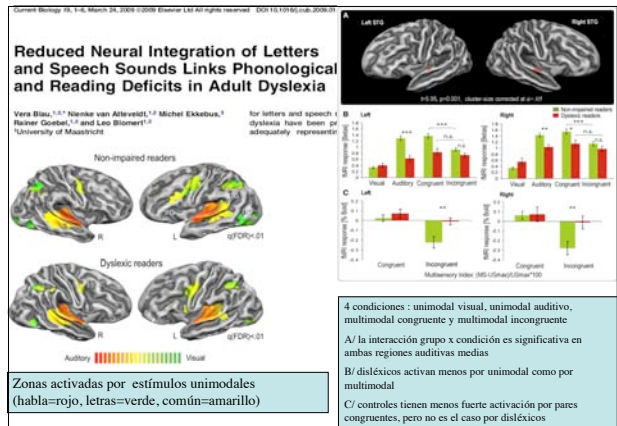
Effecto McGurk en adultos disléxicos y no-disléxicos

Audio ADA / Visual ABA					
	AUDIO	VISUAL	FUSION	COMB*	OTHER
Non-dyslexics	17 (19.7)	0	0	83 (19.7)	0
Dyslexics	38 (41.5)	0	0	57 (38.2)	6 (8.4)

Audio AGA / Visual ABA					
	AUDIO	VISUAL	FUSION	COMB	OTHER
Non-dyslexics	14 (21.0)	0	0	84 (23.0)	1 (2.5)
Dyslexics	31 (35.5)	0	0	65 (34.3)	4 (8.3)

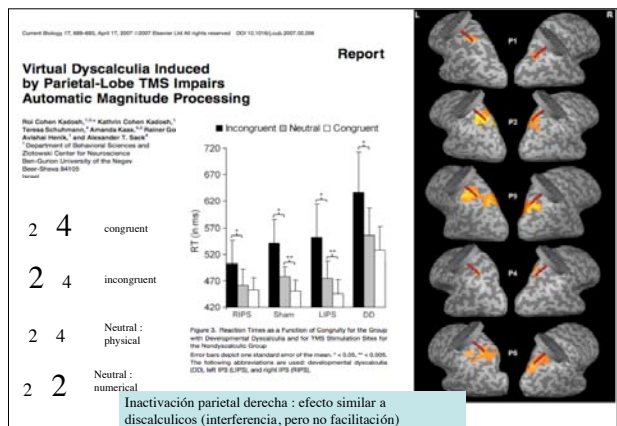
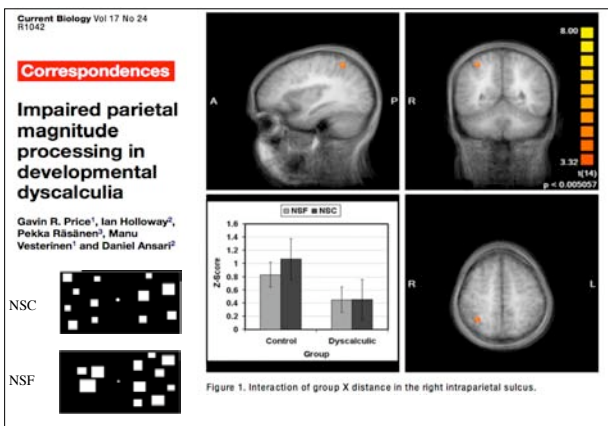
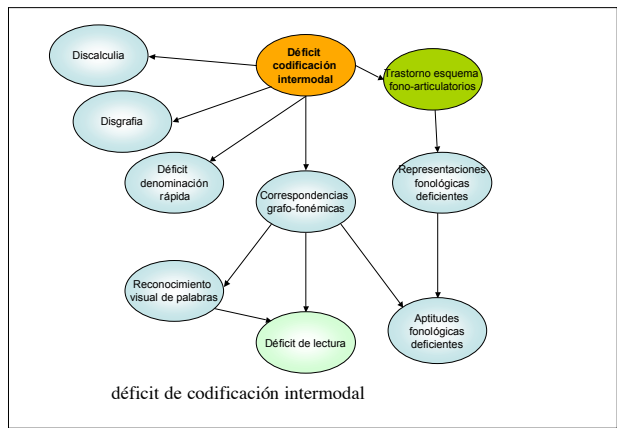
Audio ABA / Visual AGA					
	AUDIO	VISUAL	FUSION	COMB	OTHER
Non-dyslexics	44 (46.3)	3 (7.5)	50 (43.0)	0	2 (4.7)
Dyslexics	67 (34.6)	3 (6.1)	25 (31.3)	3 (6.1)	3 (6.1)

- Condiciones incongruentes : menos combinación o fusión en disléxicos; <-- déficit de integración intermodal
- preferencia general por estímulos auditivos



Cuando el estímulo es congruente (escucha 't' y ve la letra T), la descarga ("firing") neuronal es menos organizada que en controles; además es mucho más importante de lo esperable para estímulos incongruentes (escucha 't' y ve la letra G).

--> problema de **integración intermodal**

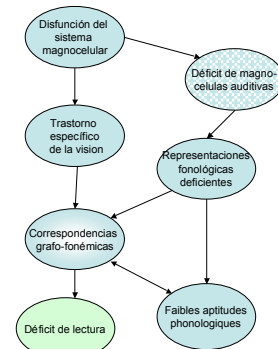


Discalculia : conclusión

- Existe un número creciente de argumentos que sugieren que la disfunción característica de la discalculia se sitúa a nivel de l'IPS
- La lateralización de esta disfunción parietal es variable, y mas frecuente a derecha
- La modulación de la activación de l'IPS para la distancia numérica es un argumento a favor de un trastorno específico de la representación de las magnitudes
- La disfunción de l'IPS no sería específica para los números y sería amodal.
- Discalculia podría también resultar de un defecto de integración intermodal, entre el sistema verbal y lo de la representación de las magnitudes

Conclusión general

- Un enfoque **modularista** de los trastornos del aprendizaje resulta más que nunca pertinente tanto para la descripción de hechos clínicos como para la comprensión de los mecanismos sub-yacentes.
- La noción de co-ocurrencia o de **comorbilidad** es un instrumento poderoso de reflexión no solamente para los clínicos sino también para los científicos quienes pueden sacar pistas valiosas y modelos con utilidad potencial.
- Dentro de esos modelos, unos de los más plausibles — los capaces de tener en cuenta la mayor parte de los hechos clínicos y experimentales — son, sin duda, los referidos a la noción de **conectividad inter-modal**, que proponen explicaciones potenciales para varias co-ocurrencias de síntomas que pueden encontrarse en la practica clínica.

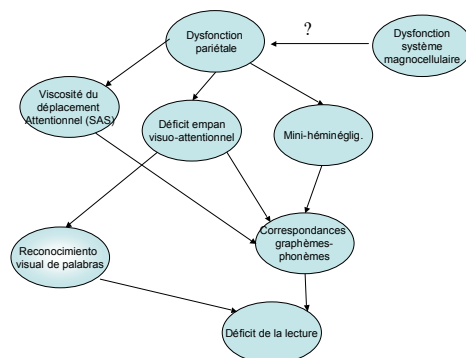


disfunción del sistema magnocelular (J. Stein)

Les théories "attentionnelles"

- Mini-héminégligence gauche (Hari et Renvall, 2001) : : difficultés liées à l'orientation dans le champ visuel gauche
- « viscosité du déplacement attentionnel » (SAS="sluggish attentional shifting", Hari & Renvall, 2001) : difficultés que rencontrent les dyslexiques pour se désengager d'un stimulus lorsqu'il doivent traiter une série de stimuli en succession rapide.
- trouble de l'ajustement de la fenêtre attentionnelle (Valdois et al., 2004) : les dyslexiques seraient limités dans le nombre d'éléments visuels qu'ils peuvent traiter simultanément, en parallèle.

Dysfonction des systèmes attentionnels pariétaux



Les trois théories "attentionnelles"

Review

Cell
PRESS

Developmental Dyscalculia: heterogeneity might not mean different mechanisms

Orly Rubinsten¹ and Avishai Henik²

¹Edmond J. Safra Brain Research Center for the Study of Learning Disabilities, Department of Learning Disabilities,
University of Haifa, Israel

²Department of Psychology and Zlotowski Center for Neuroscience, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel