

INTÉRÊTS DE LA DOUBLE TÂCHE DANS L'ÉVALUATION DES TROUBLES DE LA MARCHÉ DU SUJET ÂGÉ

Pr. Olivier Beauchet

Département de Neurosciences

**Service de Gériatrie Clinique et Centre Mémoire Ressources Recherche
Centre hospitalo-universitaire d'Angers**

CONFLITS D'INTÉRÊTS

- Consultant Ipsen Pharma non rémunéré
- Éditeur associé non rémunéré *Gériatrie, Psychologie et Neuropsychiatrie du Vieillissement (Geriatr Psychol Neuropsychiatr Vieil)*
- Directeur scientifique rémunéré du Gérotopôle des Pays de la Loire
- Président non rémunéré de « Ageing, Balance and cognition research group »
- Fonds recherche : PHRC (2001 à 2010), L'Oréal recherche (2005), OSEO innovation (2011), Novartis (2010), Lundbeck (2012), Ponroy Santé (2012) et Yoplait (2012)
- **Aucun conflit d'intérêts avec la présentation**

PROBLÉMATIQUE ET QUESTIONS

- Marche = **attribut distinctif** d'un individu :
 - dont les caractéristiques **changent avec le temps**
 - en raison **âge** et **maladies** (**déclin cognitif +++**)
 - l'ensemble créant une **instabilité** et des **chutes**

– Q1: **Est-ce** la cognition influence la marche ?

– Q2: **Comment** la cognition influence la marche?

Questions liées à la marche :

→ Quelle(s) condition(s) ?

→ Quel(s) paramètre(s) ?

Questions étiologiques :

Quelle(s) fonction(s) cognitive ?

Quelle(s) structure(s) cérébrale(s) ?

– Q3 : **implications cliniques?**

EST-CE LA COGNITION INFLUENCE LA MARCHÉ ?

- Une question étrange ?
 - Marche a longtemps été considérée comme un acte moteur **automatique, rythmique** dont le plus haut **niveau de contrôle** était **sous-cortical** (noyaux gris centraux et cervelet)
 - Cognition se définit comme un ensemble de processus cérébraux (**Perception, mémorisation et action**) permettant **d'acquérir et de manipuler des connaissances** mettant en jeu le **cortex**

Intérêt n° 1

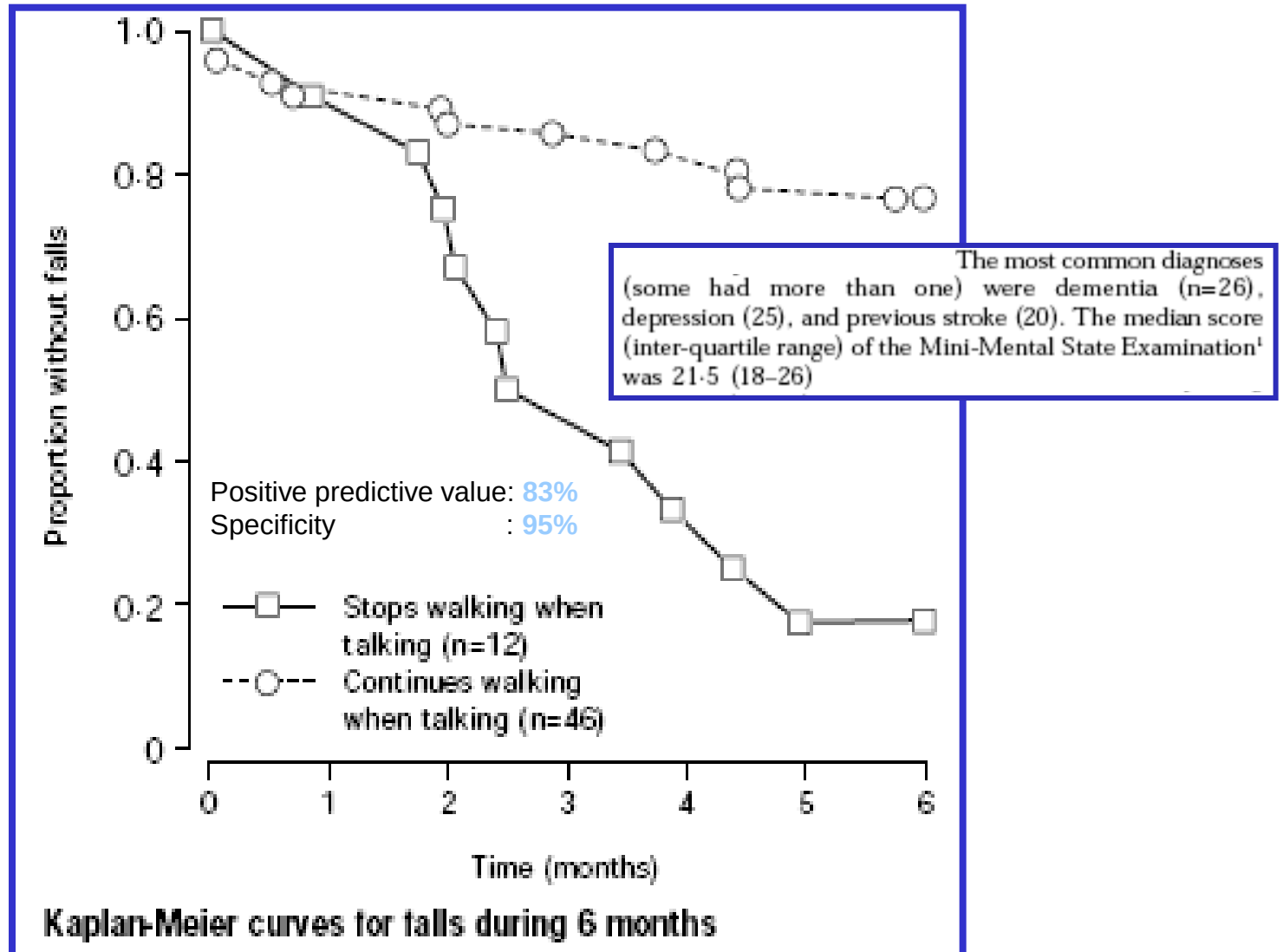
- ... Evidences obtenues à partir de données **cliniques** et des conditions de marche en **double tâche**

THE FAMEUX « PAPIER »

"Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people

Lillemor Lundin-Olsson, Lars Nyberg, Yngve Gustafson

THE LANCET Vol 349 • March 1, 1997



AU DELÀ DES RAISONS D'UN SUCCÈS...

"Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people

Lillemor Lundin-Olsson, Lars Nyberg, Yngve Gustafson

THE LANCET Vol 349 • March 1, 1997

Intérêt n° 2

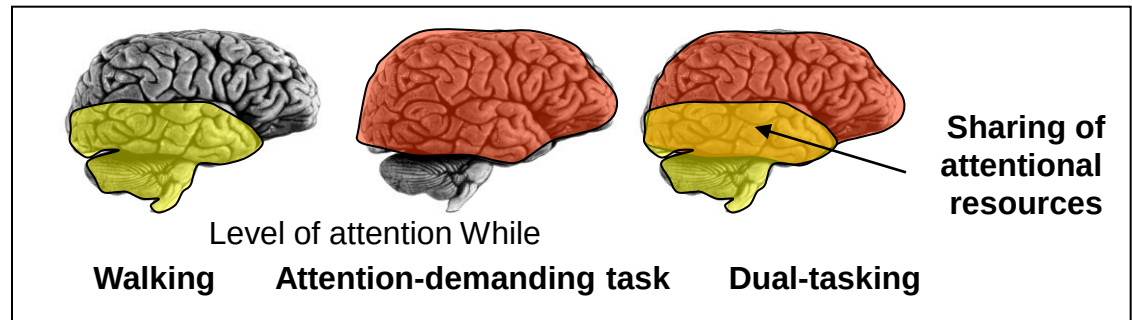
- Nouveau concept et approche du contrôle de la marche :
 - Qui n'est pas qu'une simple tâche **automatique**
 - Dont l'évaluation en condition de double tâche souligne la :
 - ✓ la mise en jeu de **ressources cognitives** (**attention +++**)
 - ✓ Plus haut niveau de contrôle : **cortical** (**Trop important** chez des sujets âgés avec pathologies neuropsychiatriques)

Intérêt n° 3

- Principales raisons du succès chez les cliniciens :
 - Apparente **détection efficiente du risque de chutes**
 - Test **simple** et **applicable en routine clinique**

LES PARADIGMES DE DOUBLE TÂCHE

- Double tâche :
 - Définition : Réaliser **simultanément** une tâche **attentionnelle en marchant**
 - Évaluation : Comparaison des performances entre les conditions de simple et double tâche
- Modifications des performances sous double tâche :
 - Interprétées comme des **interférences dues à une compétition des besoins attentionnelles requis pour chaque tâche**



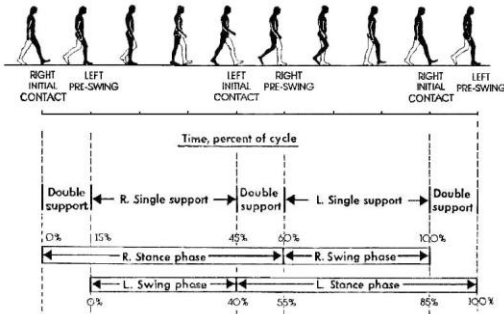
- Dépendant principalement de la capacité à répartir correctement l'attention entre deux tâches (**exécutives fonctions ++**)

LA MARCHÉ EST UN ACTE MOTEUR COMPLEXE

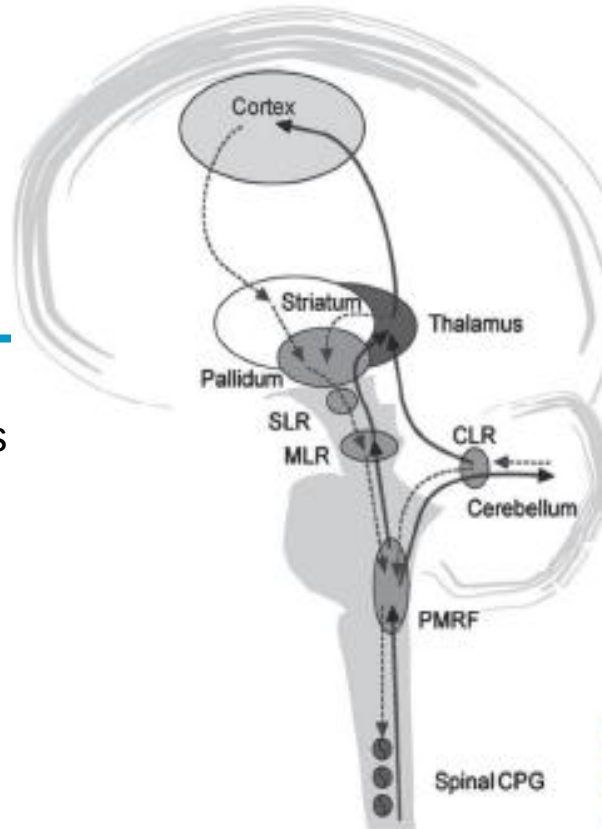
PARADOXES

- Simple exécution
- Comportement moteur « rigide » :
Automatique = Propulsion / Équilibre
- Biomécanique complexe
- Comportement moteur « flexible » :
Adaptation = Navigation

NIVEAUX ET TYPES DE CONTRÔLE



- Niveau SOUS-CORTICAL:
Modulation de mouvements automatiques
- Niveau SPINAL:
Génération de mouvements automatiques, réguliers et rythmés

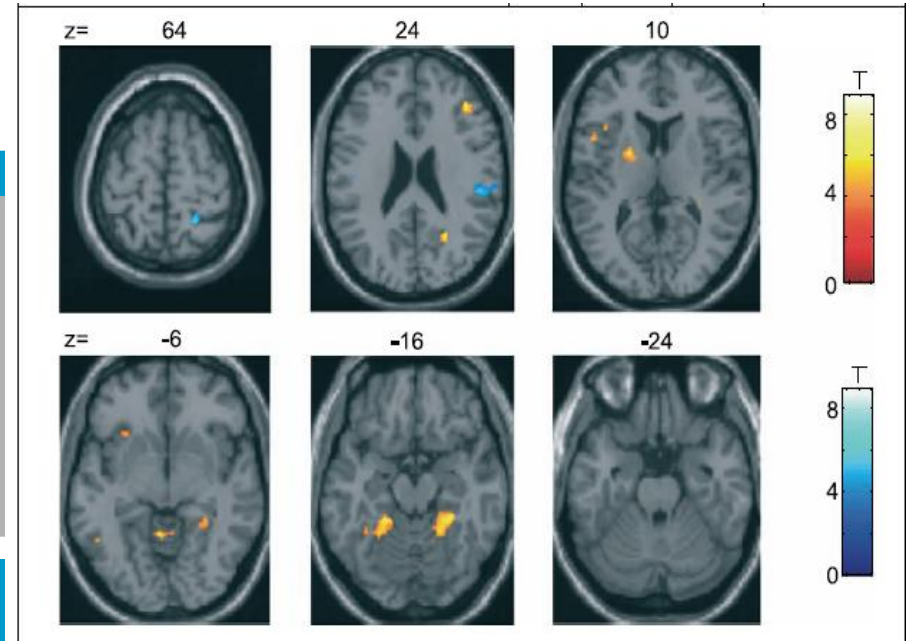


- Niveau Cortical:
Initiation et **adaptation** d'un comportement moteur

« Croyance » :
Pas de mise en jeu du niveau cortical en condition basale.... Mais

CONTRÔLE SUPRASPINAL DE LA MARCHE EN CONDITION DE PROPULSION :... **Le cortex aussi !**

WALKING				
Area	BA	Voxel	T	x,y,z
hemispheric activations				
L putamen/pallidum		103	6.46	-20,0,10
R medial and inferior (triang.) frontal gyri	44/46	91	7.56	42,34,22
L inf. frontal gyrus (triang./operc.)/ant. insula	45	66	7.18	-38,18,6
L inferior frontal gyrus (operc.)	44	23	5.33	-46,12,10
L inferior frontal gyrus (orb.)/ant. insula	47	41	4.96	-30,20,-10
R inferior frontal gyrus (orb.)/ant. insula	47	9	4.27	38,22,-12
R SMA	6	7	4.92	4,18,60
L medial and inferior temporal gyri	37	10	4.96	-50,-54,-6
L fusiform gyrus	20	150	6.79	-22,-40,-16
R fusiform and parahippocampal gyri	20/36	233	6.54	30,-36,-18
R angular gyrus/inf. parietal lob.	39	9	4.96	34,-52,38
R calcarine sulcus/lingual gyrus	18	11	5.94	22,-78,4
R cuneus/precuneus	18	23	7.09	24,-60,24
cerebellar/brainstem activations				
vermis/hemisphere 4,5		67	6.24	-4,-50,-6
L hemisphere 4,5		20	6.79	-22,-40,-16
R hemisphere 4,5		44	6.54	30,-36,-18
R hemisphere 6/Crus1		23	4.49	34,-68,-28
deactivations				
R postcentral gyrus and sup. parietal lob.	5/7	68	6.38	22,-48,64
R supramarginal gyrus	40	117	6.03	54,-28,26



BOLD signal changes during the imagination of walking in fMRI.

Supraspinal gait control Level:

- Sub-cortical
- Cortical

Thirteen healthy subjects (mean age 27.3 years, range 21–35 years; 7 females) were asked to perform four different conditions (eyes open) and then were trained to imagine (eyes closed) these conditions while supine: lying (rest condition), walking, in 20-s sequences.

CONTRÔLE SUPRASPINAL DE LA MARCHE EN CONDITION DE PROPULSION : ... Et plus avec l'âge

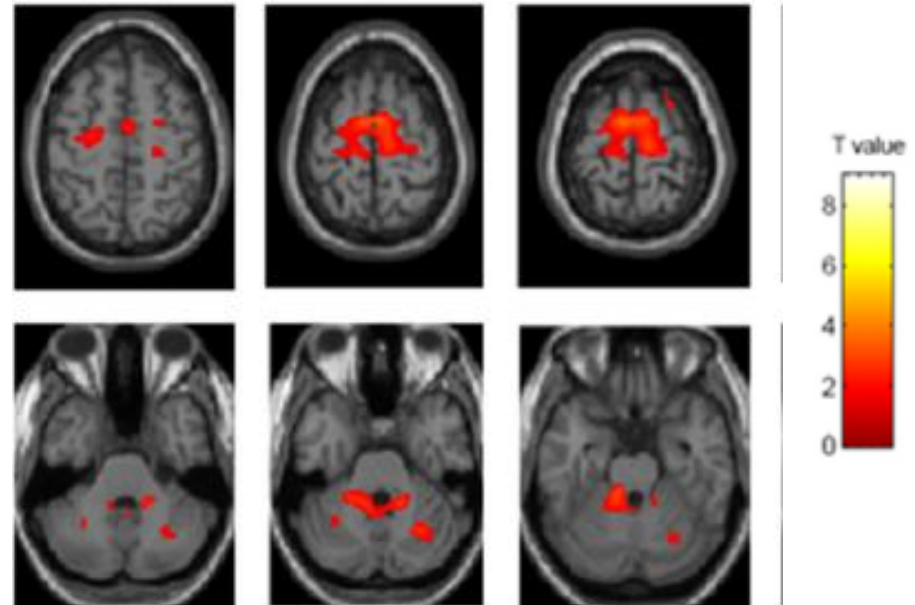
Table 1
BOLD signal increases

	BA	Cluster	Z
A. During imagined walking (vs. imagined lying) in the group of older persons (> 60 years)			
Cerebral hemispheres			
L superior frontal gyrus	6	2609	3.26
R superior frontal gyrus			3.04
L middle frontal gyrus	6	676	3.17
R middle frontal gyrus		88	2.05
R precentral gyrus	6	2609	2.77
		38	2.52
R cingulate gyrus	31	115	1.77
L precuneus	7		
L caudate nucleus		62	2.53
R caudate nucleus		59	1.86
L thalamus, pulvinar		25	1.77
Cerebellum and brainstem			
L cerebellum, anterior lobe		673	2.80
R cerebellum, anterior lobe			2.77
L cerebellum, posterior lobe		32	2.03
R cerebellum, posterior lobe		175	2.47

Sixty healthy adults (30 men, ages 24 to 78 years, mean age: 50.3 ± 23.8 years) without gait disorders were included in the study.

Subjects were trained on a basement floor with a uniform visual environment for the conditions lying (rest condition), standing, walking (mean velocity 1 m/s),

After training, the patients were told to imagine these conditions while supine. All partici-



Blood oxygen level-dependent (BOLD) signal increases during mental imagery of walking in functional magnetic resonance imaging (fMRI) in older adults (compared with imagined lying, $p < 0.05$, FDR-corrected).

For comparison, a group of young subjects (age below 40 years, $n = 20$) and a group of old subjects (age over 60 years, $n = 20$) was defined.

Surpraspinal gait network in older adults:

- Frontal lobe
- Cerebellum

QUELLE IMPLICATIONS ? Prédiction de la chute

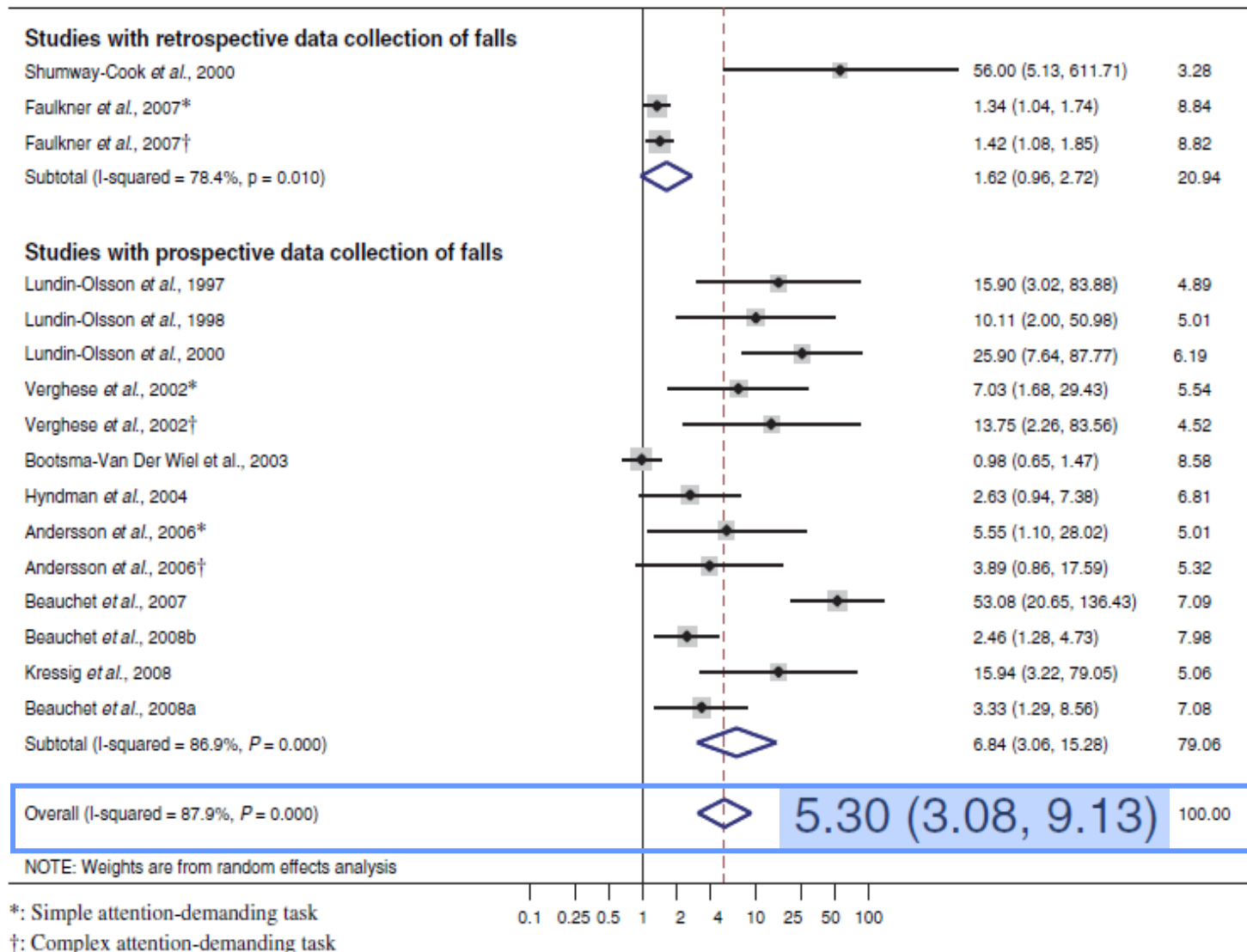


Figure 2 Forest plot of the pooled estimated OR (ES) associated with the risk of falls according to the results from the dual-task procedure computed from the natural logarithm transformation of the OR and 95% CI. I-squared (variation in OR attributable to heterogeneity).

PROBLÉMATIQUE ET QUESTIONS

- Marche = **attribut distinctif** d'un individu:
 - dont les caractéristiques **changent avec le temps**
 - en raison de l'avance en âge et des maladies
 - l'ensemble créant une **instabilité** et des **chutes**

– Q1: Est-ce la cognition influence la marche ?

– Q2: **Comment la cognition influence la marche?**

Questions liées à la marche :

→ Quelle(s) condition(s) ?

→ Quel(s) paramètre(s) ?

Questions étiologiques :

Quelle(s) fonction(s) cognitive ?

Quelle(s) structure(s) cérébrale(s) ?

– Q3 : **implications cliniques?**

QUEL PARAMÈTRE EST UN MARQUEUR DE LA MISE EN JEUX DE LA COGNITION AVEC L'ÂGE?

- **Variabilité de la marche** : Fluctuations d'un pas à l'autre
- Évaluation : **Amplitude** calculée à partir du **coefficient de variation** = (écart-type / moyenne) x 100
- Variabilité du pas, âge et double tâche:

Table 1. Coefficients of Variation of Stride Length and Stride Velocity (Mean $\pm$ SD) Among Young and Old Subjects for Both Walking Conditions

Characteristic	Walking Alone	Walking While Backward Counting	P-Value*
Young subjects (n = 12)			
Stride length CV (%)	2.3 $\pm$ 0.8	2.7 $\pm$ 1.2	.308
Stride velocity CV (%)	3.2 $\pm$ 1.3	3.5 $\pm$ 1.8	.638
Old subjects (n = 12)			
Stride length CV (%)	3.9 $\pm$ 1.6	10.2 $\pm$ 9.3	.023
Stride velocity CV (%)	5.6 $\pm$ 2.2	12.5 $\pm$ 9.2	.015

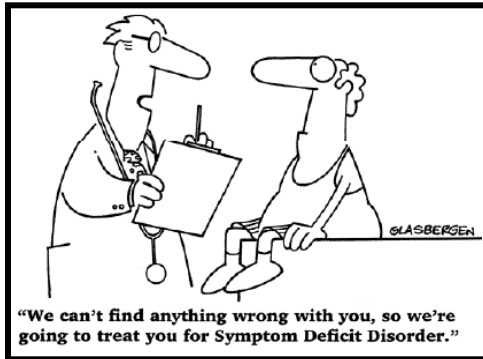
– Principaux résultats:

- Variabilité plus élevée sujets âgés
- Augmentation de la variabilité sous double tâche uniquement sujets âgés

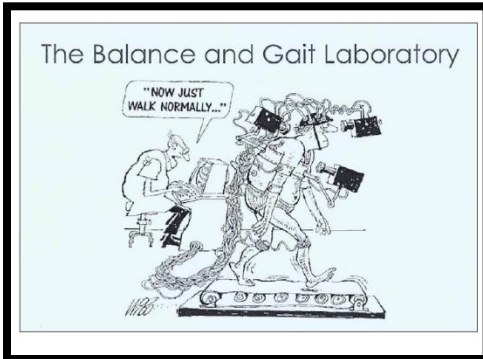
– Interprétation:

Mise en jeux de ressources cognitives et donc du cortex **dans le contrôle de la marche avec l'âge**

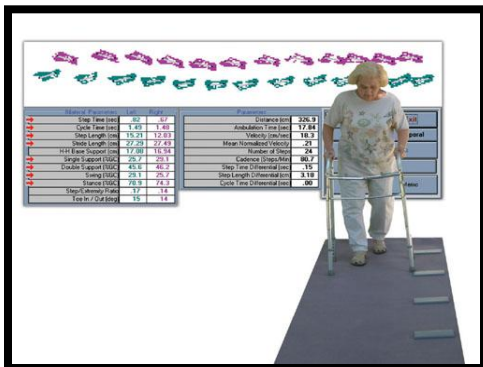
COMMENT MESURER LA VARIABILITÉ DU PAS ?



- Les yeux du cliniciens : **insuffisant** et **subjectif** !



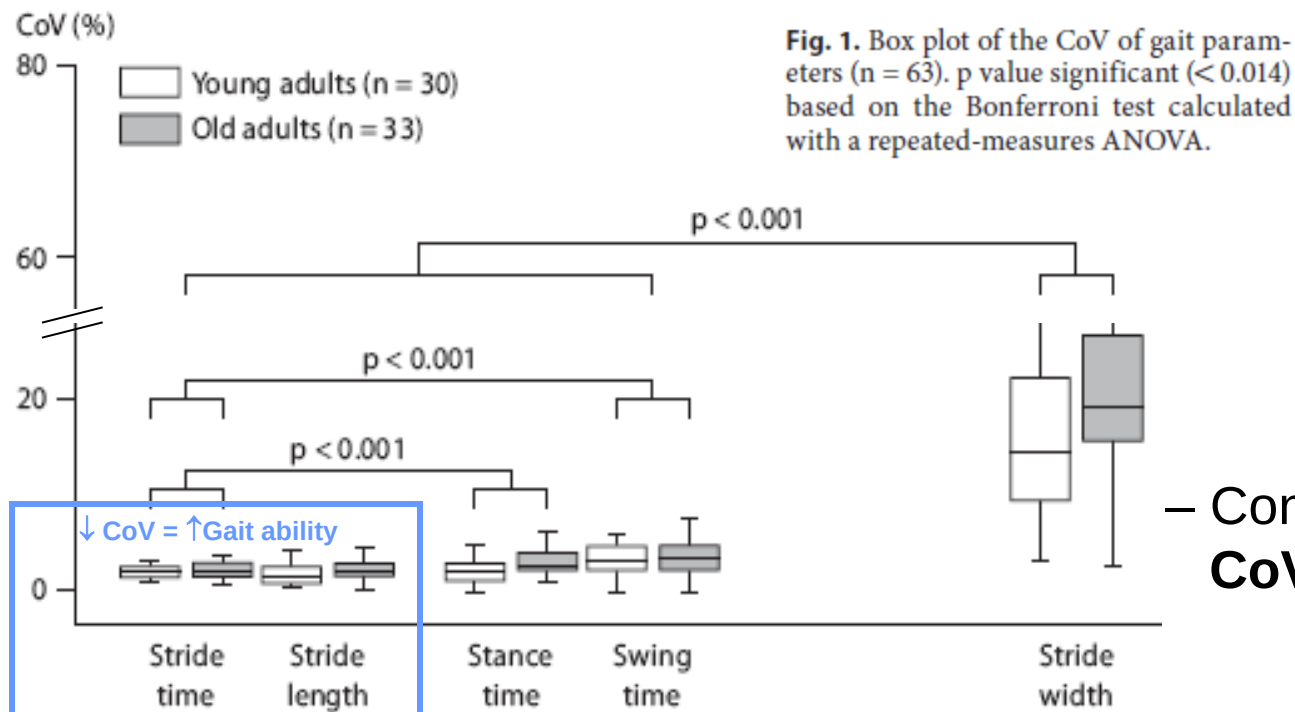
- laboratoire : **coût financier élevé, temps élevé et non écologique...**



- Systèmes portatifs:
 - **Simple** et mesure **objective**
 - **Coût faible**

FAUT-IL ÊTRE VARIABLE OU PAS ?

- Idée reçue: $\uparrow$ **coefficient de variation** = marche instable
- ...Mais $\downarrow$ et $\uparrow$ coefficient de (CoV) montré chez les chuteurs : interprétation?
- *Beauchet et al. Gerontology 2009;55:702-706*
 - N=30 sujets jeunes ($28,1 \pm 6,0$) et n=33 sujets âgé ($74,4 \pm 7,1$)
 - Critère : **CoV** en condition de marche seul



QUELLE IMPLICATION ? **Réhabilitation spécifique**

Table 1. Mean Values and Coefficients of Variation of Stride Time under Both Single- and Dual-Task Walking Conditions Among Dalcroze Group (n = 10; Mean Age = 79.6 ± 4.9) and Control Group of Healthy Older Adults (n = 11; Mean Age = 77.7 ± 4.1) with No Particular Exercise Routine

Group	Walking Alone	Walking While Backward Counting	P-value*
	Mean ± Standard Deviation		
Dalcroze (regular practice of eurhythmics for ≥ 40 years)			
Mean, ms	1,050.1 ± 4.9	1,070.5 ± 8.6	.45
Coefficient of variation, %	2.1 ± 1.4	2.7 ± 1.9	.14
Control (healthy older adults with no particular exercise routine)			
Mean, ms	1,146.1 ± 15.1	1,235.8 ± 19.9	.01
Coefficient of variation, %	3.9 ± 0.9	11.9 ± 9.9	.02

*Based on Wilcoxon rank-sum test.

- Jacque-Dalcroze eurhythmics:
 - **Music movement therapy**
 - Walking with rhythm of improvised piano music and simultaneously movements with upper body parts
- Improvement of gait performance related to :
 - **↑ cognitive ability** (executive function; cortical effect)
 - **“Reautomation”** of gait (sub-cortical effect)



QUELLE IMPLICATION ? Réhabilitation spécifique

Effect of Music-Based Multitask Training on Gait, Balance, and Fall Risk in Elderly People *A Randomized Controlled Trial*

Andrea Trombetti, MD; Mélanie Hars, PhD; François R. Herrmann, MD, MPH; ARCH INTERN MED/VOL 171 (NO. 6), MAR 28, 2011
Reto W. Kressig, MD; Serge Ferrari, MD; René Rizzoli, MD

Table 4. Falls at the 6-Month Follow-up

Outcomes	Early Intervention (n=66)	Delayed Intervention (n=68)	Unadjusted	Adjusted ^a	Method
Falls, rate ^b IRR (95% CI)	24 (0.7)	54 (1.6)	0.46 (0.27-0.79) ^d	0.49 (0.27-0.91) ^c	Negative binomial regression model
Participants with ≥1 fall, No. (%) RR (95% CI)	19 (28.8)	32 (47.1)	0.61 (0.39-0.96) ^c	0.69 (0.44-1.07)	Log-binomial regression model
Participants with multiple (≥2) falls, No. (%) RR (95% CI)	3 (4.6)	16 (23.5)	0.19 (0.06-0.63) ^d	0.21 (0.06-0.67) ^d	Log-binomial regression model
Survival analysis HR (95% CI)			0.53 (0.30-0.94) ^c	0.55 (0.31-0.99) ^c	Cox proportional hazards model
HR (95% CI)			0.46 (0.27-0.78) ^d	0.46 (0.27-0.79) ^d	Andersen-Gill model

Intérêt n° 4

Conclusion : Des exercices physiques basés sur le **rythme réduisent les modifications sous double tâche (diminution variabilité), ce qui réduit le risque de chutes**

PROBLÉMATIQUE ET QUESTIONS

- Marche = **attribut distinctif** d'un individu:
 - dont les caractéristiques **changent avec le temps**
 - en raison de l'avance en âge et des maladies
 - l'ensemble créant une **instabilité** et des **chutes**

– Q1: Est-ce la cognition influence la marche ?

– Q2: **Comment** la cognition influence la marche?

Questions liées à la marche :

→ Quelle(s) condition(s) ?

→ Quel(s) paramètre(s) ?

Questions étiologiques :

Quelle(s) fonction(s)
cognitive ?

Quelle(s) structure(s)
cérébrale(s) ?

– Q3 : **implications cliniques?**

QUELLE FONCTION COGNITIVE ?

Gait control: a specific subdomain of executive function?

Beauchet et al. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2012, 9:12

Table 1 Clinical characteristics of the studied sample of participants according to the tertiles of stride-to-stride variability of stride time (STV) (n = 78)

	Tertiles of STV			Overall	P-Value*		
	Lowest (n = 26)	Intermediate (n = 26)	Highest (n = 26)		Lowest versus intermediate	Lowest versus highest	Intermediate versus highest
Age (years), mean ± SD	70.0 ± 1.0	69.7 ± 0.7	69.8 ± 0.8	0.510	-	-	-
Female, n (%)	9 (34.6)	21 (80.8)	16 (61.5)	0.003	0.001	0.052	0.126
BMI (kg/m ²), mean ± SD	24.8 ± 2.6	25.6 ± 3.3	26.6 ± 4.4	0.187	-	-	-
Number of drugs taken daily, mean ± SD	2.0 ± 1.5	2.5 ± 2.0	2.7 ± 2.5	0.406	-	-	-
Falls during the past year, n (%)	2 (7.7)	11 (42.3)	9 (34.6)	0.014	0.004	0.017	0.569
Education level† (years), mean ± SD	11.8 ± 3.3	10.9 ± 3.2	11.8 ± 3.7	0.550	-	-	-
Executive subdomain performance							
Digit Span score‡, mean ± SD	15.5 ± 3.6	13.5 ± 3.2	12.7 ± 2.3	0.004	0.060	0.004	1.000
Ratio score TMTB/TMTA#, mean ± SD	2.1 ± 0.6	2.2 ± 0.6	2.0 ± 0.5	0.486	-	-	-
Ratio score Stroop Part III/ Part I, mean ± SD	2.9 ± 0.8	3.2 ± 0.8	3.2 ± 1.6	0.530	-	-	-

- Information updating and monitoring
- Mental shifting
- Cognitive inhibition

Miyake executive-mental set

QUELLE FONCTION COGNITIVE ?

Gait control: a specific subdomain of executive function?

Beauchet et al. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2012, 9:12

Table 2 Multiple logistic regression models showing the association between the highest tertile of stride-to-stride variability of stride time (dependent variable) and Digit Span score (independent variable) adjusted for clinical characteristics (n = 78)

	Full adjusted model			Stepwise backward model		
	OR	95% CI	P-value	OR	95% CI	P-value
Digit Span score *	0.78	[0.63;0.96]	0.020	0.81	[0.68;0.97]	0.019
Age	1.02	[0.50;2.10]	0.954	-	-	-
Female	1.05	[0.32;3.4]	0.932	-	-	-
BMI	1.09	[0.94;1.27]	0.253	-	-	-
Education level †	1.11	[0.95;1.30]	0.182	-	-	-
Number of drugs taken daily	1.00	[0.77;1.30]	0.984	-	-	-
History of falls ‡	2.07	[0.57;7.54]	0.270	-	-	-

Intérêt n° 5

- Conclusion: Le contrôle de la marche dépend de la mise à jour des informations sensorimotrices et de la surveillance de ce flux d'informations (sous domaine exécutif)

ET LE DÉCLIN COGNITIF?

– Une marche instable est fréquente chez les patients déments

Prevalence and Severity of Gait Disorders in Alzheimer's and Non-Alzheimer's Dementias

Louise M. Allan, MRCP, Clive G. Ballard, MD,† David J. Burn, FRCP,* and Rose Anne Kenny, FRCP**

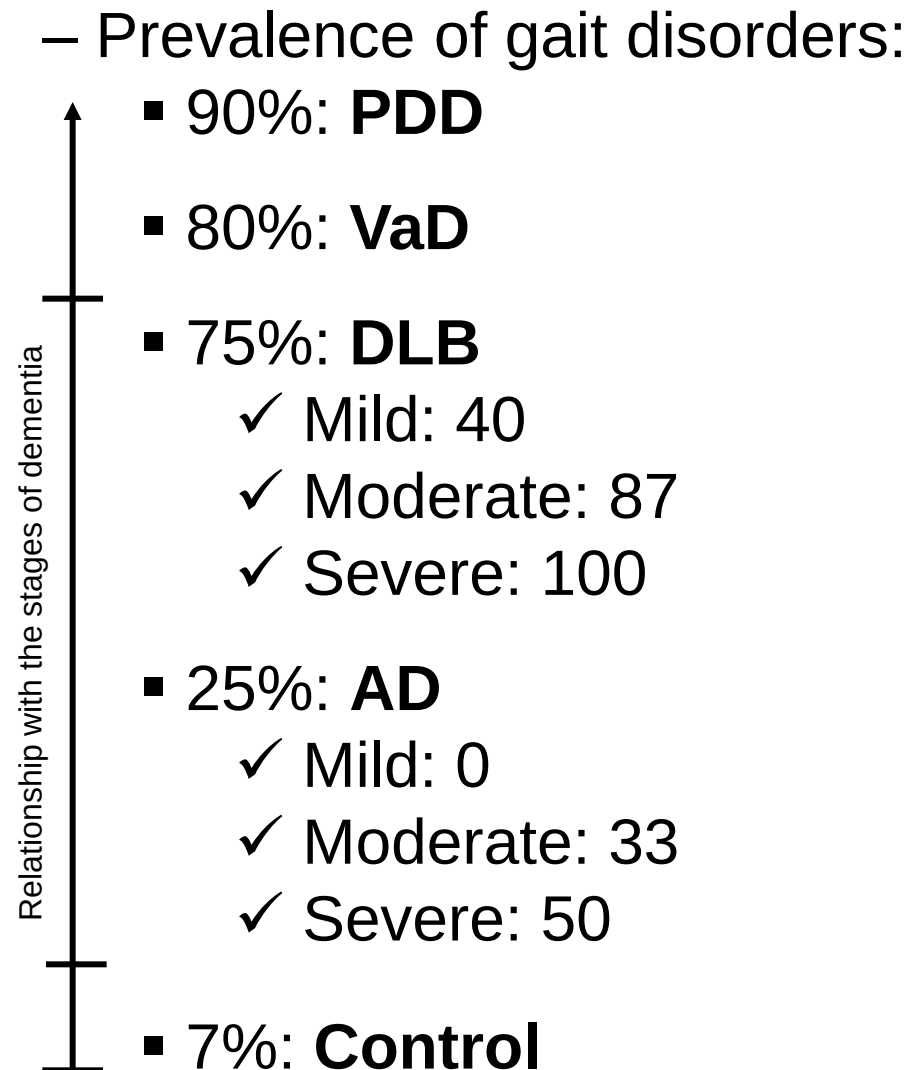
OBJECTIVES: To compare the prevalence, severity, and type of gait and balance disorders in Alzheimer's disease (AD), vascular dementia (VaD), Parkinson's disease with dementia (PDD), dementia with Lewy bodies (DLB), Parkinson's disease without dementia (PD), and age-matched controls.

DESIGN: Cross-sectional.

SETTING: Secondary care clinics in geriatric psychiatry, neurology, and geriatrics.

PARTICIPANTS: Two hundred forty-five participants aged 65 and older (AD, n = 40; VaD, n = 39; PDD, n = 46; DLB, n = 32; PD, n = 46; and controls, n = 42).

MEASUREMENTS: Prevalence and severity of gait and balance disorders were assessed using the Tinetti gait and balance scale. The types of gait disorders in each diagnostic group were classified using the Nutt et al. classification.



ET LE DÉCLIN COGNITIF?

Intérêt n° 6

- Les modifications de marche sous double tâche détectent la la démence débutante...

Motor Function in Subjects with Mild Cognitive Impairment and Early Alzheimer's Disease

Dement Geriatr Cogn Disord 2005;19:299–304

A.F. Pettersson^{a, b} E. Olsson^a L.-O. Wahlund^b

140 consecutive subjects referred to a multidisciplinary university hospital in a geriatric setting for cognitive symptoms and possible dementia. subjects were classified into four diagnostic categories: no cognitive impairment, mild cognitive impairment, Alzheimer's disease (AD) and other dementia. Mean age was 57 ± 9.2 , 60 ± 7.3 , 68 ± 9.9 and 64 ± 10.5 ,

Table 2. Motor function measures in the participant groups

	NCI	n	MCI	n	AD	n	OD	n
diffTUG	0.5 ± 1.1	31	1.1 ± 1.9	56	1.9 ± 1.3^a	20	$2.5 \pm 2.2^{a, b}$	25

Values for BBS, FES and Tinetti are expressed as median (range), and TWW, TUG, diffTUG as mean $\pm$ SD.

^a $p \leq 0.05$ relative to NCI.

^b $p \leq 0.05$ relative to MCI.

QUELLE IMPLICATION?

Traitement symptomatique spécifique et marche

GALANTAMINE IMPROVES GAIT PERFORMANCE IN PATIENTS WITH ALZHEIMER'S DISEASE

Table 1. Mean Values of Stride Time (ms) and Number of Enumerated Digits Under Single- and Dual-Task in Control Subjects and in Subjects with Alzheimer's Disease (AD) Before and After Treatment

Main Results	Walking			P-Value*
	Sitting	Alone (Single Task)	While Backward Counting (Dual-Task)	
Median (Interquartile Range)				
Control subjects (n = 18)				
Stride time, ms		1,063.2 (66.6)	1,075.4 (209.3)	.74
Enumerated digits	9.5 (2.0)	—	10.0 (3.0)	.50
Subjects with AD (n = 9)				
Before treatment				
Stride time, ms		1,122.6 (84.6)	1,499.1 (250.9)	.01
Enumerated digits	9.0 (4.0)	—	10.0 (2.5)	.62
After treatment				
Stride time, ms		1,166.1 (175.0)	1,278.5 (226.6)	.09
Enumerated digits	9.0 (4.5)	—	10.0 (2.5)	1.00

Intérêt n° 7

- La double tâche met en évidence les **effets « positifs » (diminution des modifications)** sur la marche des traitements symptomatiques anti-démementiels

PROBLÉMATIQUE ET QUESTIONS

- Marche = **attribut distinctif** d'un individu:
 - dont les caractéristiques **changent avec le temps**
 - en raison de l'avance en âge et des maladies
 - l'ensemble créant une **instabilité** et des **chutes**

– Q1: Est-ce la cognition influence la marche ?

– Q2: **Comment** la cognition influence la marche?

Questions liées à la marche :

→ Quelle(s) condition(s) ?

→ Quel(s) paramètre(s) ?

Questions étiologiques :

Quelle(s) fonction(s) cognitive ?

Quelle(s) structure(s) cérébrale(s) ?

– Q3 : **implications cliniques?**

QUELLE STRUCTURE CEREBRALE ? **Lobe frontal**

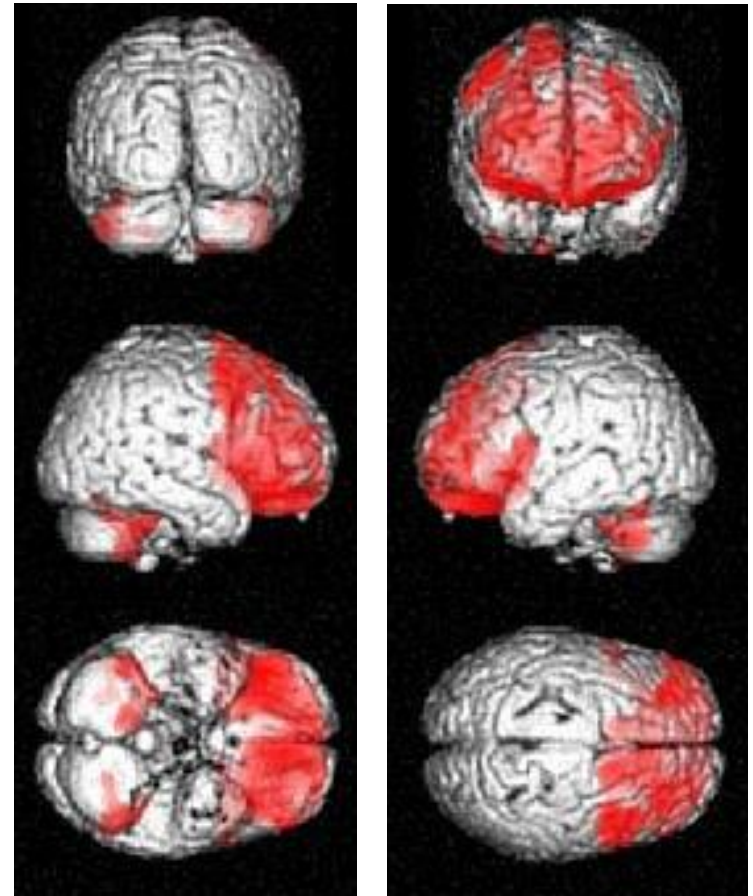
- Single Photon Emission Tomography (SPECT):
Rest condition
- Participants:
 - N=16
 - $79. \pm 4.5$ years
 - $MMSE = 21.3 \pm 3.6$
 - Exclusion: Vascular dementia
 -

	Walking	
	Alone	Backward counting
Coefficient of variation of stride time (%)	4.0 ± 2.2	15.4 ± 16.1

*: $P < 0.05$

- Significant correlation between
 $\uparrow$ **gait variability** and
hypo perfusion of frontal lobe

Walking with backward counting – Walking alone



Intérêt n° 8

- La double tâche permet d'identifier les structures cérébrales mises en jeu dans le contrôle de la marche

MESSAGES A RETENIR

Intérêts de la double tâche dans l'évaluation des troubles de la marche du sujet âgé :

- 1) Mise en évidence d'un **contrôle cortical** (propulsion +++)
- 2) Émergence de **nouveaux concepts** en terme de **contrôle**
- 3) Implication des **fonctions exécutives** dans le contrôle de la marche (**mise à jour information +++**)
- 4) Implication du **lobe frontal** dans le contrôle de la marche

Fondamental

- 5) **Détection simple et efficiente** du **risque de chutes**
- 6) **Détection précoce** du **déclin cognitif**
- 7) Développement **d'activités physiques spécifiques** basées sur le **rythme** pour **améliorer la marche et diminuer le risque de chutes**
- 8) Mise en évidence des **effets moteurs des médicaments symptomatiques spécifiques anti-démence**

Clinique