

**Cours 2015:**

**Représentation cérébrale des structures linguistiques**

Stanislas Dehaene

Chaire de Psychologie Cognitive Expérimentale

Cours n°7

**La réalité neurophysiologique  
du concept de mouvement syntaxique**



Naama Friedmann

Université de Tel-Aviv



Christophe Pallier

CNRS



Murielle Fabre

ATER Collège de France

## Syntagmes enchâssés et mouvement syntaxique: Deux ingrédients essentiels de la théorie linguistique

- Dans une phrase telle que « le chien a mordu le facteur », le verbe met en relation deux arguments (sujet et objet).
- Le français est une langue SVO : le sujet vient avant le verbe, l'objet vient après
- Que penser, alors, de phrases comme:
  - « C'est le facteur que le chien a mordu »
  - « Le facteur, le chien l'a mordu »
  - « L'infirmière a soigné le facteur que le chien a mordu »
  - « Qui le chien a-t'il mordu? »
  - « Qui croyez-vous que le chien a mordu? »
  - « Voici le facteur que vous croyez que le chien a mordu. »

Dans toutes ces phrases, l'objet « le facteur » (ou le mot « qui » qui y renvoie) se trouve bien avant le verbe « mordre », et pourtant il entretient toujours avec lui la même relation sémantique.

→ Pratiquement toutes les théories syntaxiques font l'hypothèse d'une **transformation syntaxique**: l'objet « le facteur » s'est déplacé loin de sa position initiale dans la structure profonde de la phrase (**mouvement**), et y a laissé un sorte de pointeur (*trace*, *gap*).

# La « réalité psychologique » des traces du mouvement syntaxique

Revue dans : Nicol, J., & Swinney, D. (1989). The role of structure in coreference assignment during sentence comprehension. *Journal of Psycholinguistic Research*, 18(1), 5–19.

L’amorçage cross-modal permet de montrer que les pronoms et les anaphores réactivent leurs antécédents. On entend une phrase, alors que la tâche exige de décider si une chaîne écrite correspond à un mot ou pas (décision lexicale). Exemple (Nicol, 1988);

« The boxer told the skier that the doctor for the team would blame him/himself \* for the recent injury”.  
 → amorçage de mots reliés aux 3 antécédents possibles, selon que la phrase utilise “him” or “himself”:

Referent	Anaphor	Pronoun	
Boxer	-1	43 <sup>a</sup>	Amorçage en millisecondes = RT (mot non-relié) – RT(mot relié)
Skier	11	58 <sup>a</sup>	
Doctor	104 <sup>a</sup>	-21	

L’amorçage peut-il mettre en évidence une réactivation de l’antécédent au moment de la trace?  
 Expériences d’amorçage cross-modal de Swinney et coll. (1989):

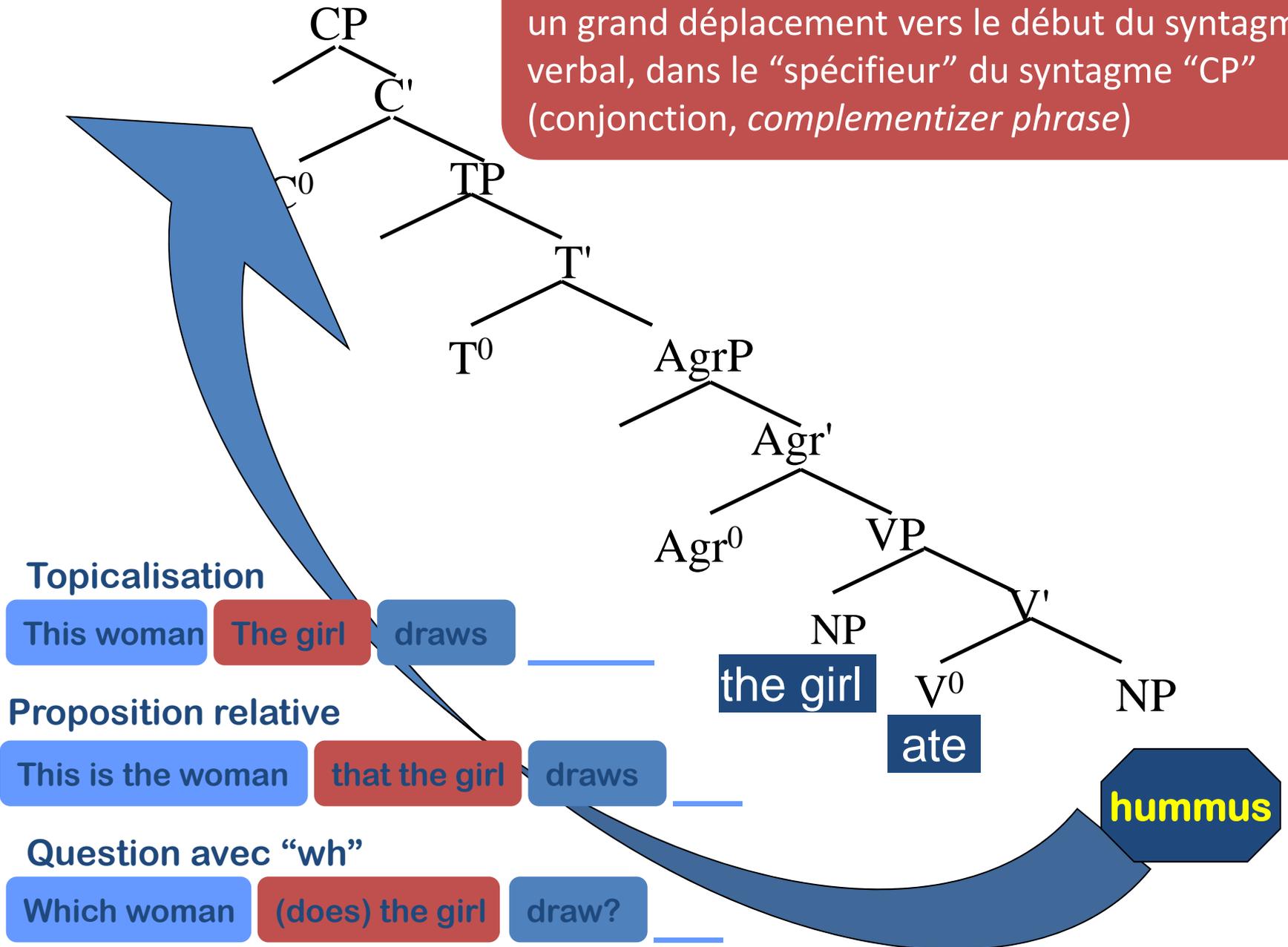
“The policeman saw the boy that the crowd at the party \* accused \* of the \* crime”

Le mot écrit est, soit relié (boy→son), soit non-relié sémantiquement au mot antécédent.

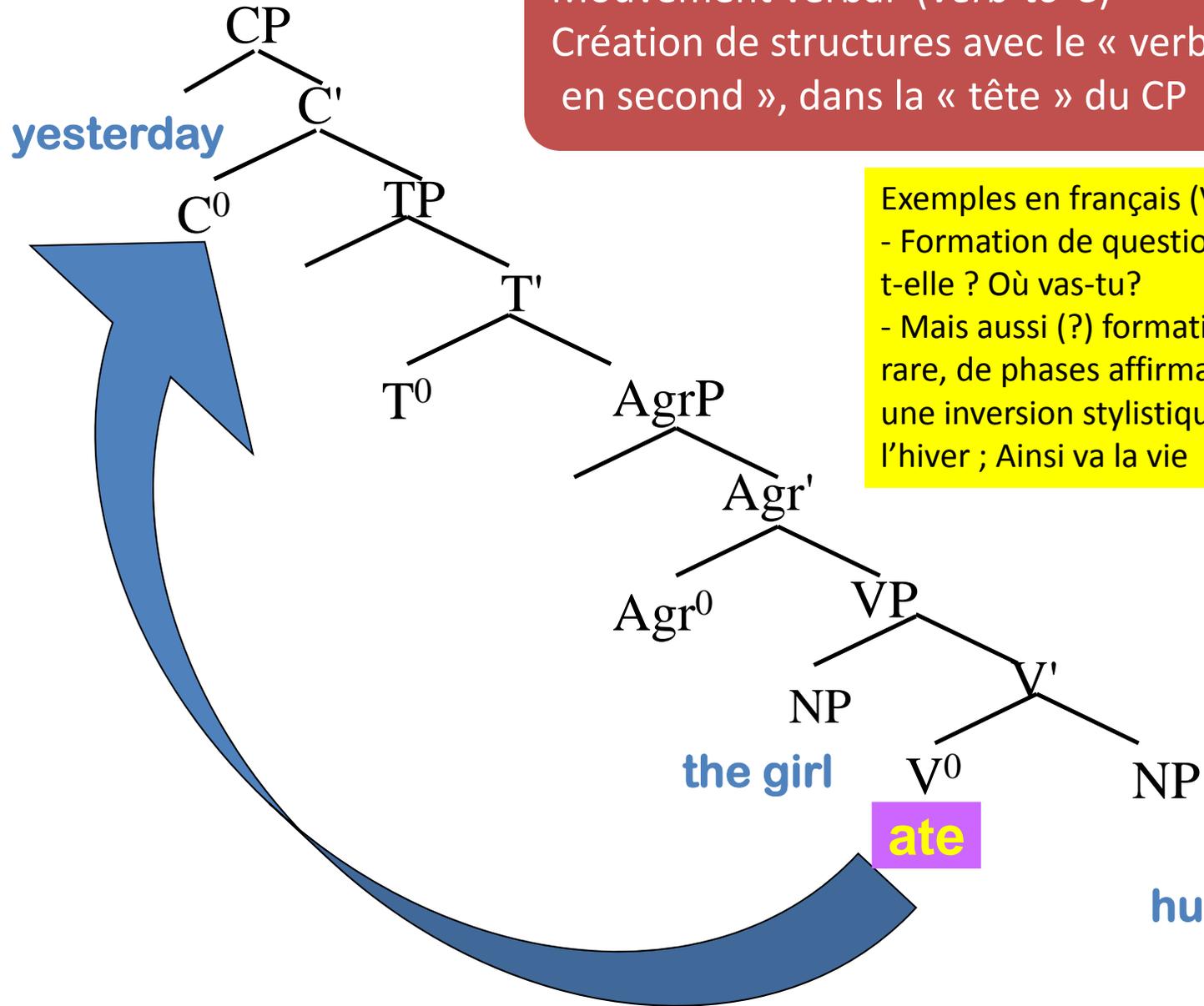
Résultats: RT(mot non-relié – mot relié à « boy » ) : 12            27            27  
 RT(mot non-relié – mot relié à « crowd » ) : 44            19            8

Combinaison avec l’ambigüité lexicale (Love & Swinney, 1996): « The professor insisted that the exam be completed in ink, so Jimmy used the new pen\* that his mother-in-law recently\* purchased\*... »  
 Amorçage de « pencil »: 13 ms, 3 ms, 18 ms ; Amorçage de « jail »: 9 ms, puis 5 ms, puis 2 ms.

Mouvement "QUE" (WH movement) :  
 un grand déplacement vers le début du syntagme verbal, dans le "spécifieur" du syntagme "CP"  
 (conjonction, complementizer phrase)



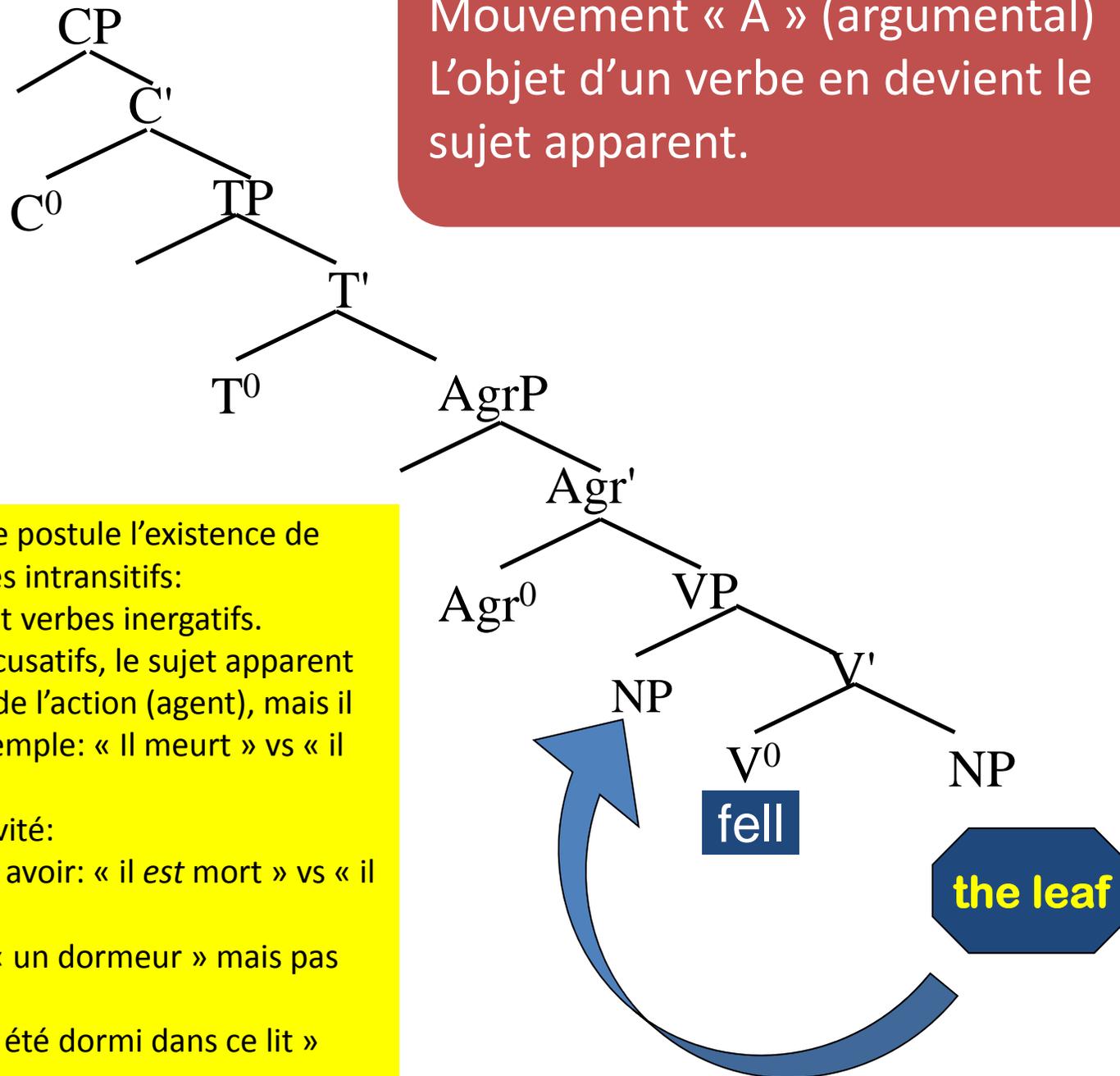
Mouvement verbal (*Verb-to-C*)  
Création de structures avec le « verbe en second », dans la « tête » du CP



Exemples en français ( $V \rightarrow I \rightarrow C$ )

- Formation de questions: Mange-t-elle ? Où vas-tu ?
- Mais aussi (?) formation, plus rare, de phases affirmatives avec une inversion stylistique: Alors vint l'hiver ; Ainsi va la vie

Mouvement « A » (argumental)  
L'objet d'un verbe en devient le  
sujet apparent.



La théorie syntaxique postule l'existence de deux sortes de verbes intransitifs: Verbes inaccusatifs et verbes inergatifs. Dans les verbes inaccusatifs, le sujet apparent n'est pas l'initiateur de l'action (agent), mais il la subit (patient). Exemple: « Il meurt » vs « il dort ».

Critères d'inaccusativité:

- Auxiliaire être ou avoir: « il *est* mort » vs « il a dormi ».
- Nominalisation: « un dormeur » mais pas « un moureur »
- Passivation: « il a été dormi dans ce lit »

# L'amorçage cross-modal confirme la distinction entre verbes inaccusatifs et verbes inergatifs

Friedmann, N., Taranto, G., Shapiro, L. P., & Swinney, D. (2008). The Leaf Fell (the Leaf): The Online Processing of Unaccusatives. *Linguistic Inquiry (Online)*, 39(3), 355–377.

Présentation d'une phrase parlée avec un verbe inaccusatif ou inergatif (+ 3<sup>ème</sup> condition plus complexe)

Présentation d'une cible visuelle, reliée ou non au premier nom, et présentée

- Soit juste après le mot (1)
- Soit juste après le verbe (2)
- Soit 750 ms plus tard (3)

Un travail antérieur de Osterhout et Swinney (1993) avec des phrases passives suggère que l'effet d'amorçage pourrait être plus lent lorsque l'objet est déplacé.

(19) *Nonalternating unaccusative*

The **tailor**① from East Orange, New Jersey, mysteriously **disappeared**② when it was③ time to adjust the tuxedos and dresses for the participants in the wedding party.

(21) *Unergative*

The **surgeon**① with a brown felt fedora hat and matching coat eagerly **smiled**② when the beautiful③ actress walked down the corridor to exam room three.

Résultat : l'amorçage décroît avec le temps pour les verbes inergatifs, mais reprend 750 ms après la présentation d'un verbe inaccusatif.

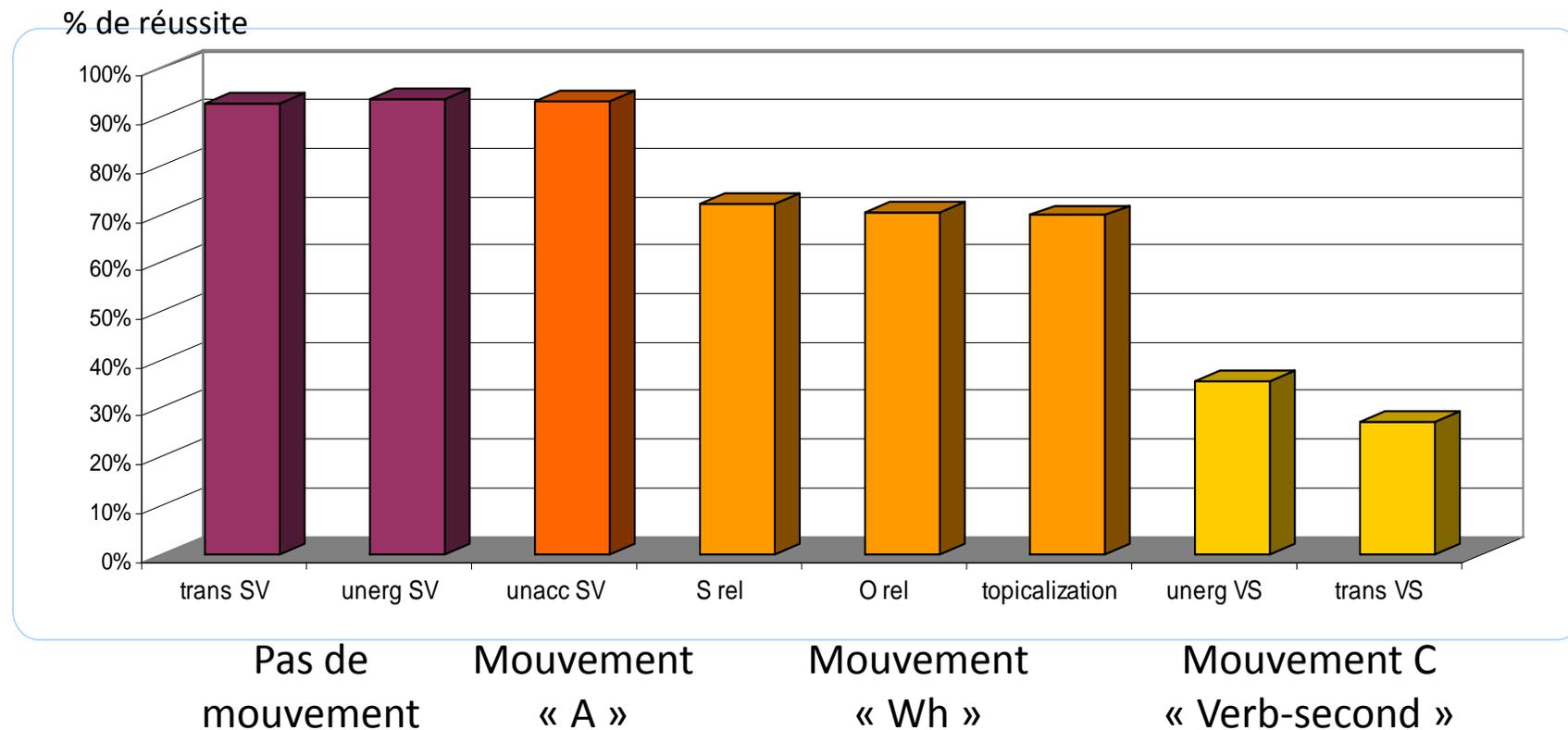
	Probe	Probe	Probe
	Position 1	Position 2	Position 3
Nonalternating unaccusatives	57.6	18.3	63.1
Unergatives	56.9	26.9	8.2

# L'ordre d'acquisition des différents types de mouvement

Friedmann, N., & Lavi, H. (2006). On the order of acquisition of A-movement, Wh-movement and V-C movement. In A. Belletti, E. Bennati, C. Chesi, E. Di Domenico & I. Ferrari (Eds.), *Language acquisition and development* (pp. 211-217). Newcastle UK: Cambridge Scholars Press/CSP.

60 enfants monolingues, locuteurs de l'hébreu, âgés entre 2 ans 2 mois et 3 ans 10 mois.  
Tâche = répétition de 80 phrases

Résultats: d'importantes différences entre les types de phrases:



WH	V-C	A
2	0	5
10	5	10
3	1	10
6	1	10
6	2	10
7	1	5
6	6	10
8	0	8
9	0	10
10	8	10
0	1	0
9	4	10
6	0	10
10	10	10
6	5	9
4	0	8
10	0	10
10	2	10
10	6	10
10	9	10
9	1	9
6	1	10
10	2	10
3	0	10
9	4	10
10	5	10
10	6	10
8	9	10
9	8	9
9	0	9
10	10	10
1	0	10
4	4	10
0	0	10
10	10	10
1	0	10
10	10	10
8	4	10
10	0	10
8	1	9
10	6	10
9	3	10
9	4	10
0	0	4
10	10	10
6	3	10
9	1	10
8	3	10
9	0	10
7	0	10
3	0	9
10	7	10
1	0	9
4	0	10
8	7	10
0	3	9
10	7	10
10	1	10
8	3	10
10	1	9

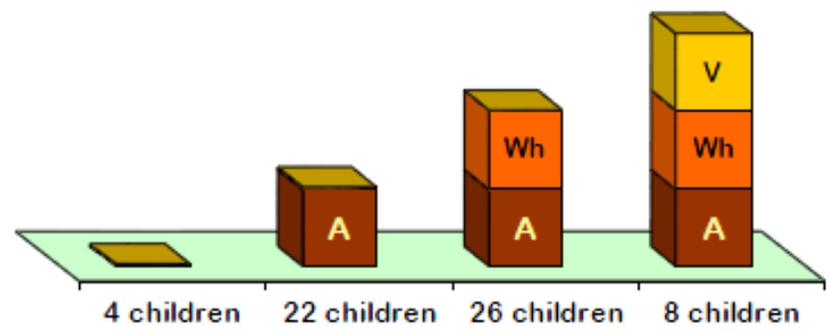
2 ans 2 mois

age  
↓

Pas de corrélation évidente du nombre de phrases correctes avec l'âge...

Mais il existe une hiérarchie de difficulté (au moins en hébreu):  
A < Wh < V-C

- Certains enfants ne réussissent
- rien!
  - Seulement les phrases A
  - Les phrases A+Wh
  - Les phrases A+Wh+V-C



3 ans 10 mois

A	WH	V-C
5	2	0
0	0	1
4	0	0
5	7	1
10	6	1
10	6	0
10	3	1
10	6	1
9	6	5
8	4	0
10	3	0
10	1	0
9	3	0
10	7	0
10	6	3
9	1	0
10	4	0
10	4	4
10	0	0
10	6	2
10	6	6
10	1	0
9	0	3
10	10	7
10	10	1
10	8	3
9	10	1
10	10	5
8	8	0
10	9	0
10	9	4
10	10	0
10	10	2
10	10	6
9	9	1
10	10	2
9	9	0
10	9	4
10	10	5
10	10	6
10	8	4
10	10	0
9	8	1
10	9	1
10	8	3
10	9	0
10	8	7
10	10	7
10	10	6
10	9	3
10	9	4
10	10	8
10	10	10
10	10	9
10	8	9
9	9	8
10	10	10
10	10	10

## RA, un patient agrammatique étudié par Naama Friedmann

(Demande six fois de répéter la question)

Eh bien... eh bien... c'est un peu... euh...

J'ai compris mais... pas vraiment... euh...

(Naama: Qu'est-ce que vous avez compris?)

J'ai compris chat, chien, mord. Mais ce que cette phrase... non...

pas vraiment... euh... j'ai entendu mais pas... non...

Ça c'est ici, et ça c'est là.

Chat – j'ai compris ; Chien – j'ai compris ; Mord – j'ai compris

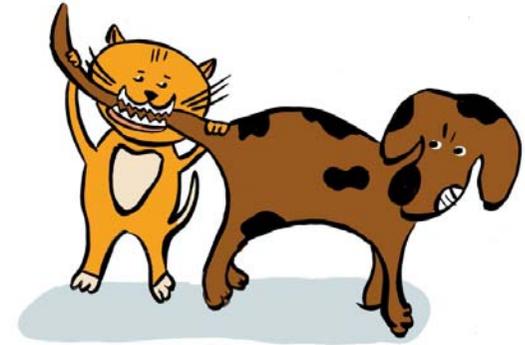
Mais la phrase.... Non.. Et alors j'ai dit « encore ». Encore une fois et c'est tout, d'accord?

(Naama répète la phrase).

Vous pouvez le dire lentement (Naama répète à nouveau la phrase).

Celle-ci [correct!].

Quel chat le chien mord-il?



# Le traitement des phrases avec un mouvement Wh est perturbé dans l'agrammatisme « de Broca »

Zurif, E., Swinney, D., Prather, P., & Love, T. (1994). Functional localization in the brain with respect to syntactic processing. *Journal of Psycholinguistic Research*, 23(6), 487–497.

L'idée que la région de Broca sert « à la syntaxe » est simpliste.

Il semble plutôt que le déficit n'affecte que certaines opérations syntaxiques.

Grodzinsky (1986, 1990) fait l'hypothèse que les aphasiques de Broca ont perdu la capacité de traiter les phrases qui contiennent des mouvements syntaxiques, car ils ont perdu la notion de trace (*trace deletion hypothesis*).

Zurif et al. (1994) montrent que l'amorçage cross-modal est anormal chez les aphasiques de Broca, aussi bien pour les relatives sujet qu'objet.

« *The man liked the tailor with the British accent who \* claimed to know the queen* »

→ chez le sujet normal, amorçage du mot “*clothes*” (relié à *tailor*) mais pas “*weight*” (non-relié).

→ L'amorçage est absent chez les aphasiques « de Broca » (mais présent chez ceux « de Wernicke »)

Pourtant, les aphasiques « de Broca » comprennent les relatives sujet; ils se reposent probablement sur l'ordre linéaire des mots (le dernier nom entendu est pris pour l'agent du verbe).

« *The priest enjoyed the drink that the caterer sent \* to the guests.* »

→ chez le sujet normal, amorçage du mot “*wine*” (relié à *drink*) mais pas “*boat*” (non relié).

→ Même résultat, mais cette fois-ci les patients de Broca ne comprennent pas ce type de phrase.

Conclusion: La réactivation des traces est, soit impossible, soit décalée dans le temps chez les aphasiques de Broca.

# En production, la formation des questions est perturbée dans l'agrammatisme « de Broca »

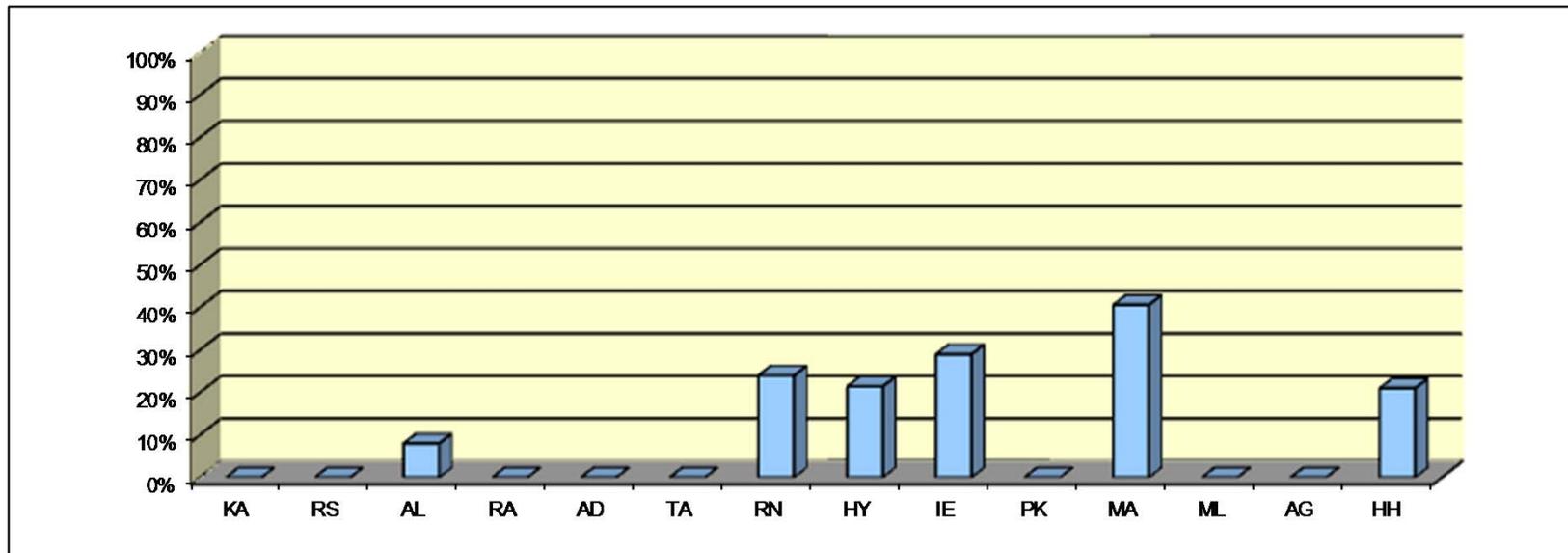
Friedmann, N. (2006). Speech production in Broca's agrammatic aphasia: Syntactic tree pruning. In Y. Grodzinsky & K. Amunts (Eds.), *Broca's region* (pp. 63–82). MIT Press.

L'expérimentateur demande, soit de répéter une question, soit de formuler une demande.

Exemple: « Danny a mangé quelque chose. Vous voulez me demander ce que c'est. Alors vous dites....

(on attend « ma dani axal? », littéralement Quoi Danny mangé?)

Les performances (taux de réussite) sont remarquablement faibles:



Les patients font de nombreuses erreurs, qui consistent en

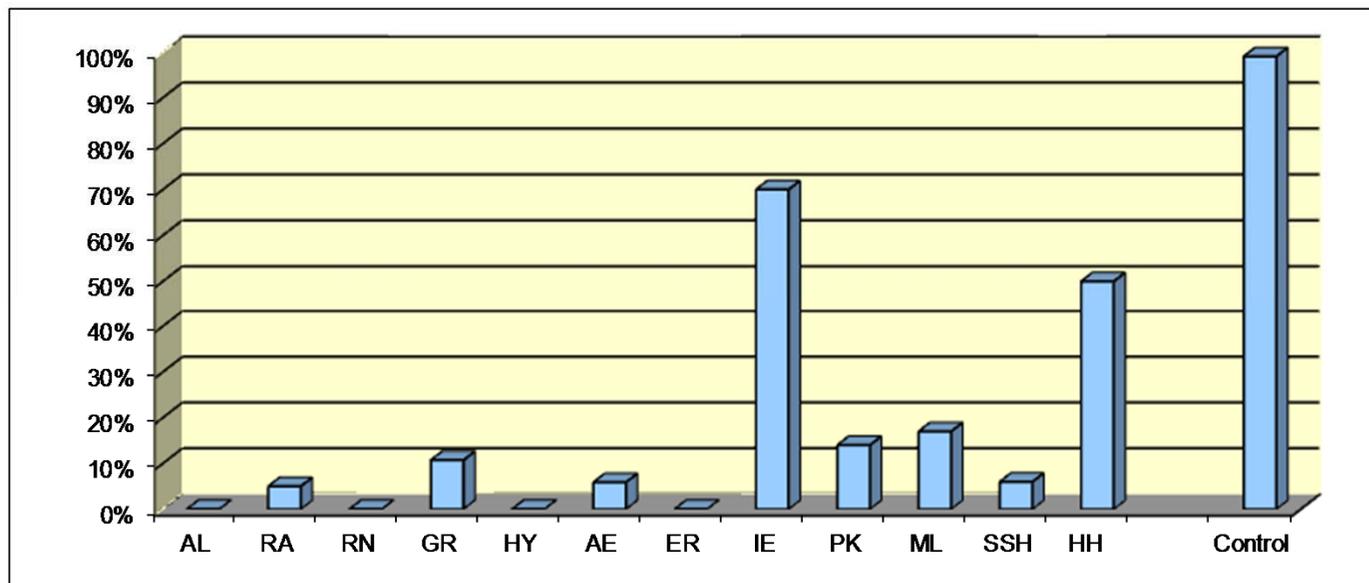
- Questions oui/non (qui en hébreu peuvent être formées simplement en répétant la phrase avec une prosodie interrogative : « Danny a mangé? » )
- Répétition du mot interrogatif: « Quoi? Pourquoi? »
- Mot interrogatif *in situ*: « Danny a mangé quoi? Danny a mis la clé où? » (agrammatical en hébreu)

# La formation des propositions relatives est perturbée dans l'agrammatisme « de Broca »

Friedmann, N. (2006). Speech production in Broca's agrammatic aphasia: Syntactic tree pruning. In Y. Grodzinsky & K. Amunts (Eds.), *Broca's region* (pp. 63–82). MIT Press.

Voici deux hommes. Un des hommes joue au tennis. Un autre homme fait du bateau. Quel est celui-ci?  
Commencer par « C'est l'homme... » [qui fait du bateau].

→ Taux de réussite de l'ordre de 33%, contre 100% chez les sujets contrôle.



La simple répétition d'une proposition relative (« Jean pensait que Sharon dansait ») est dramatiquement détériorée (31% de réussite).

Par contre, la répétition d'une infinitive enchâssée (« Jean a vu Sharon danser »), qui ne nécessite pas de « niveau CP » (*complementizer phrase*) ne pose guère de difficulté (92 % de réussite).

# Un déficit plus sévère du temps verbal que de l'accord chez les patients agrammatiques

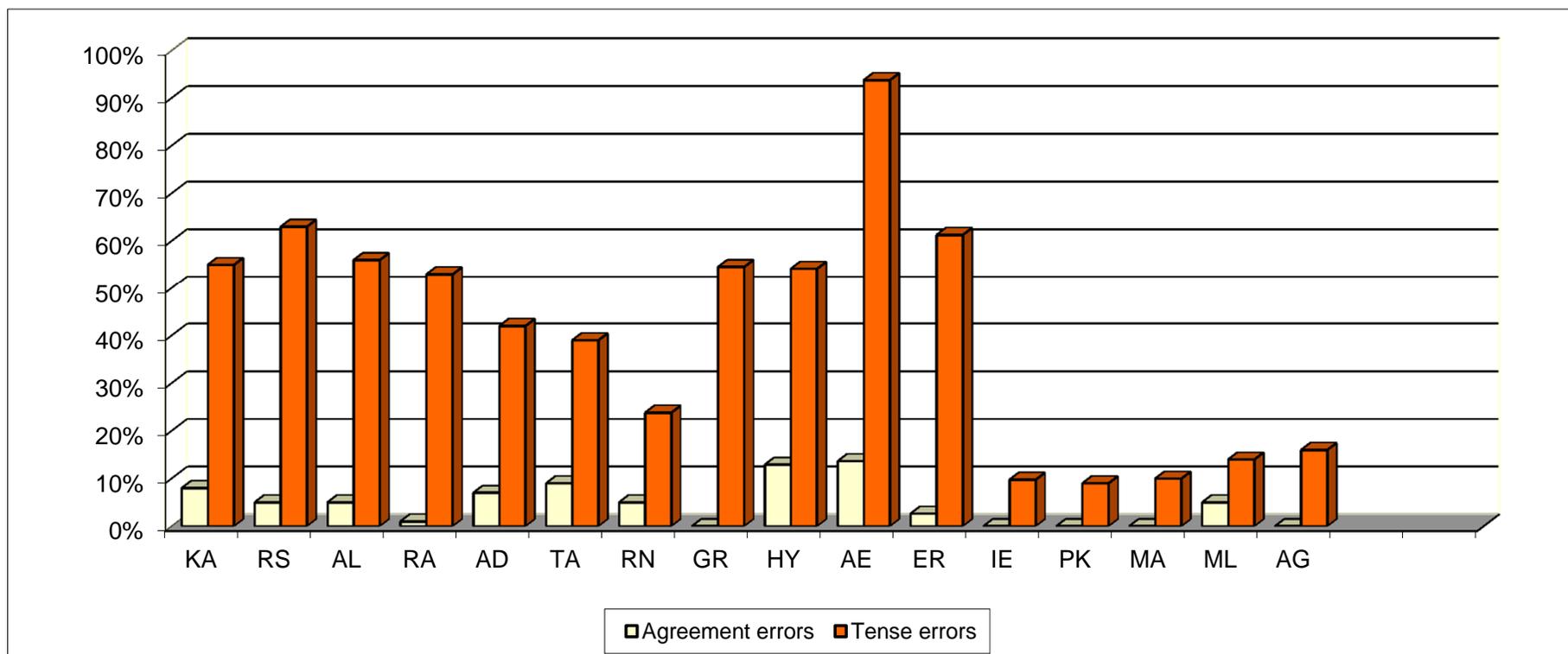
Friedmann, N. (2006). Speech production in Broca's agrammatic aphasia: Syntactic tree pruning. In Y. Grodzinsky & K. Amunts (Eds.), *Broca's region* (pp. 63–82). MIT Press.

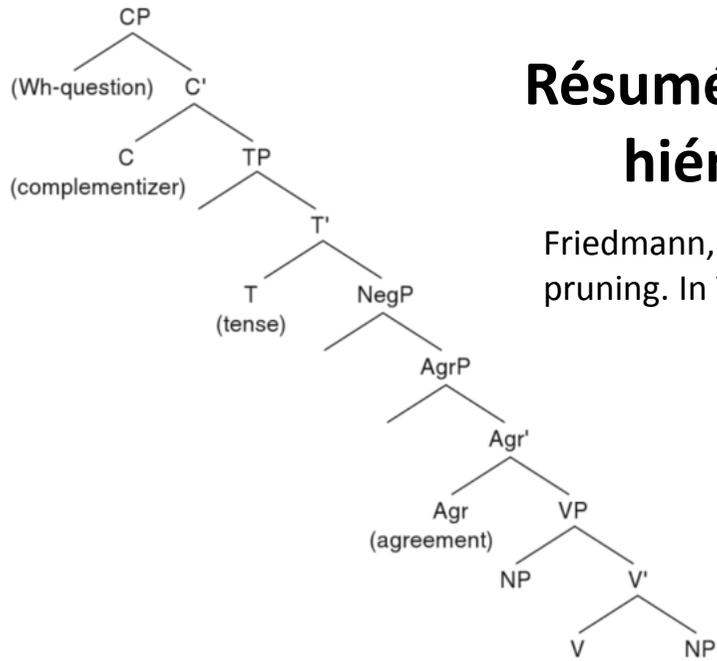
Temps verbal:

« Aujourd'hui, le garçon marche. Hier aussi, le garçon ... »  
(marchait -- passé)

Accord en nombre (ou en genre en hébreu):

« Aujourd'hui, le garçon marche. Aujourd'hui aussi, les garçons .... »  
(marchent -- pluriel)





# Résumé : L'agrammatisme respecte la structure hiérarchique postulée par les linguistes.

Friedmann, N. (2006). Speech production in Broca's agrammatic aphasia: Syntactic tree pruning. In Y. Grodzinsky & K. Amunts (Eds.), *Broca's region* (pp. 63–82). MIT Press.

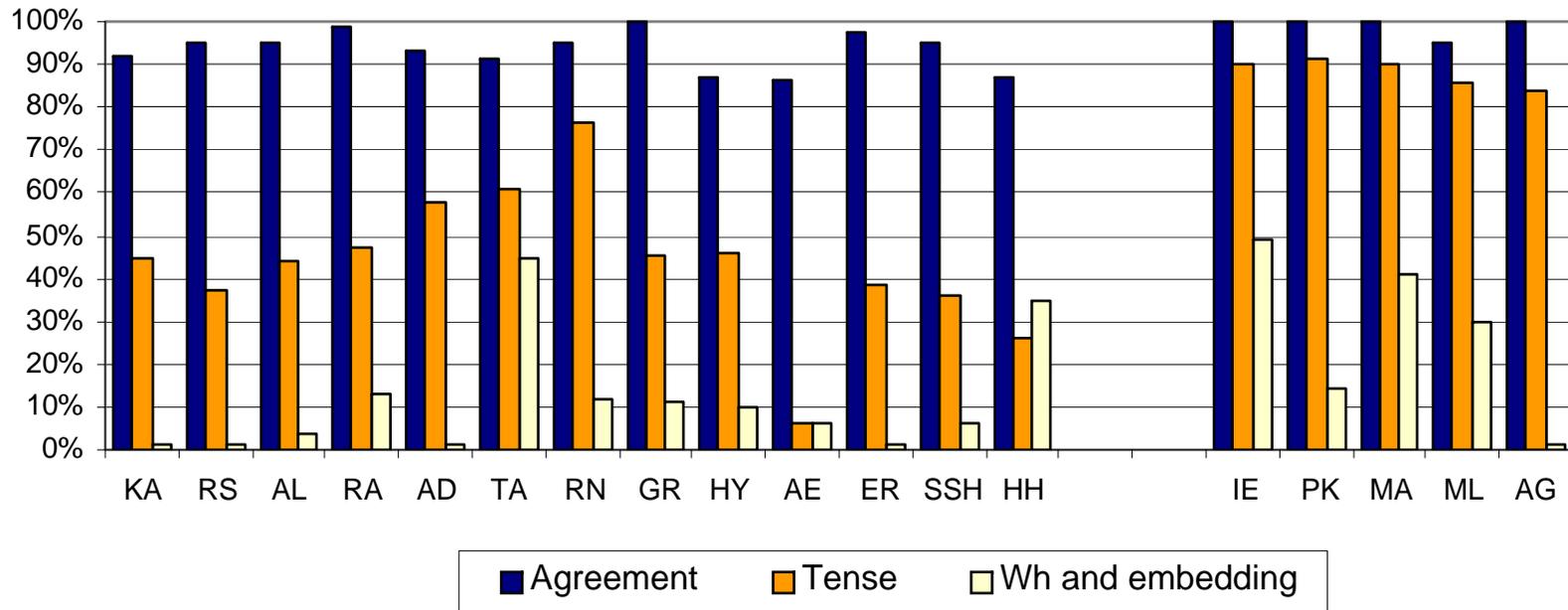
Naama Friedmann, avec Yosef Grodzinsky, postule que l'arborescence syntaxique est raccourcie ou « émondée » chez les patients agrammatiques (*tree pruning hypothesis*)

FIGURE 5-1. Syntactic tree (from Pollock, 1989).

% de réussite

Severe agrammatism, TP impairment

Milder agrammatism, CP impairment



# Un cas de récupération progressive des niveaux de plus en plus élevés de l'arbre syntaxique

Friedmann, N. (2006). Speech production in Broca's agrammatic aphasia: Syntactic tree pruning. In Y. Grodzinsky & K. Amunts (Eds.), *Broca's region* (pp. 63–82). MIT Press.

4 mois après la lésion, le patient S.B. fait des erreurs d'accord, de temps et de formation des relatives. En 18 mois, il récupère progressivement, dans un ordre qui respecte la structure syntaxique:

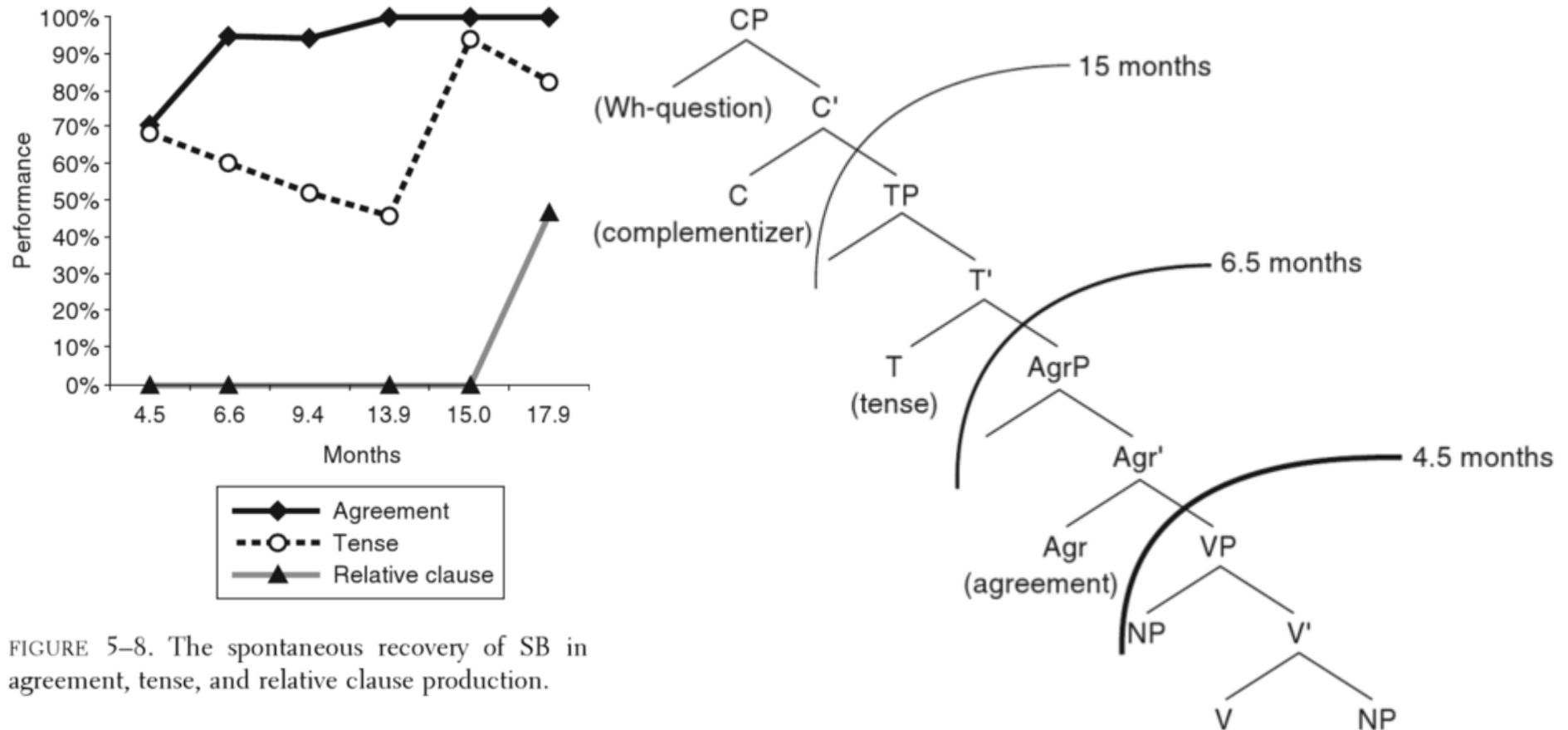


FIGURE 5–8. The spontaneous recovery of SB in agreement, tense, and relative clause production.

# IRM fonctionnelle des transformations grammaticales

Ben-Shachar, M., Hendler, T., Kahn, I., Ben-Bashat, D., & Grodzinsky, Y. (2003). The neural reality of syntactic transformations: evidence from functional magnetic resonance imaging. *Psychol Sci*, 14(5), 433–40.

Tâche = jugement de grammaticalité sur des phrases parlées.

**A**

	# words	# verbs	# arguments	# embeddings	# propositions	# transformations
<b>a. I helped the girl [that Mary saw in the park]</b>	<b>Total: 10</b>	<b>2</b>	<b>2 (help) + 2 (see) = 4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
<b>b. I helped the girl [that Mary ran in the park]</b>	<b>Content: 6</b>		<b>2 (help) + 1 (run) = 3</b>			
<b>c. I told Mary [that the girl ran in the park]</b>	<b>Total: 10</b>	<b>2</b>	<b>3 (tell) + 1 (run) = 4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
<b>d. I told Mary [that the girl saw in the park]</b>	<b>Content: 6</b>		<b>3 (tell) + 2 (see) = 5</b>			

La première phrase (a) implique un mouvement Wh pour former la proposition relative (« that... »)  
 Les autres phrases n'impliquent pas de mouvement comparable.

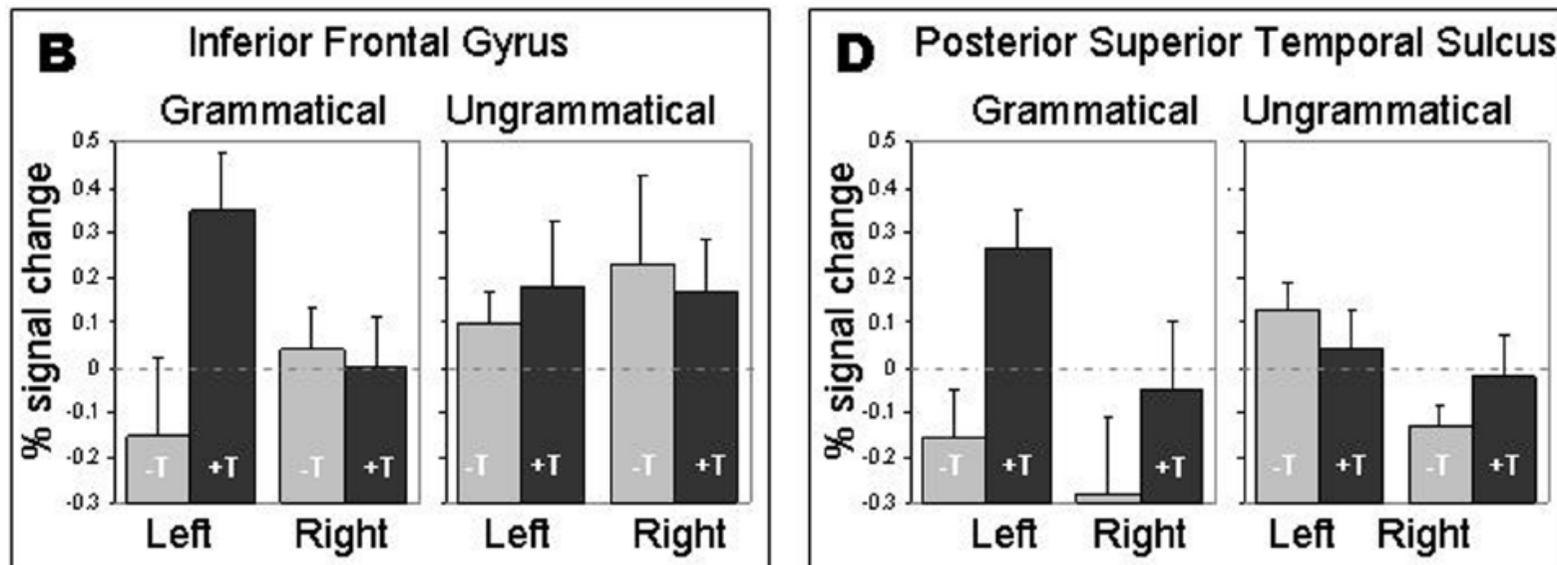
Manipulation, également, de la complexité du verbe présent dans la relative:

*voir* → deux arguments; *courir* → un seul argument (comparaison des conditions B+C vs A+D).

# IRM fonctionnelle des transformations grammaticales

Ben-Shachar, M., Hendler, T., Kahn, I., Ben-Bashat, D., & Grodzinsky, Y. (2003). The neural reality of syntactic transformations: evidence from functional magnetic resonance imaging. *Psychol Sci*, 14(5), 433–40.

Résultats: La présence d'une transformation syntaxique augmente l'activation dans deux régions: IFG (-47, 18, 7) et pSTS (-37, -47, 20).



Le pSTS gauche montre également un effet de la complexité du verbe

# IRM fonctionnelle des transformations grammaticales

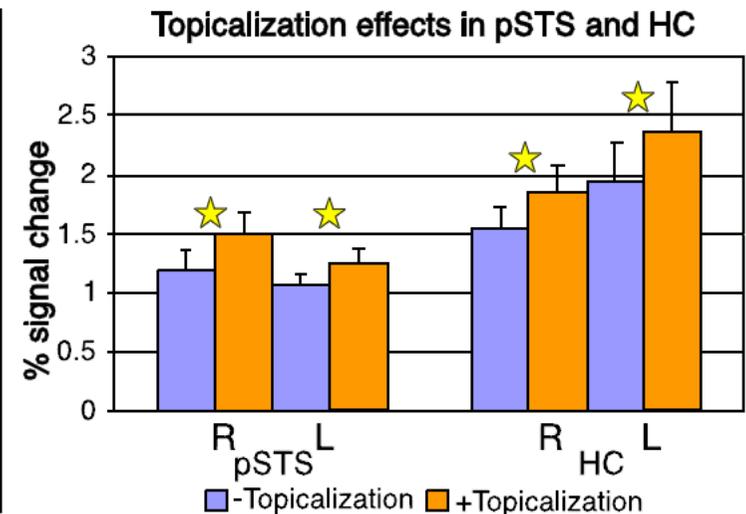
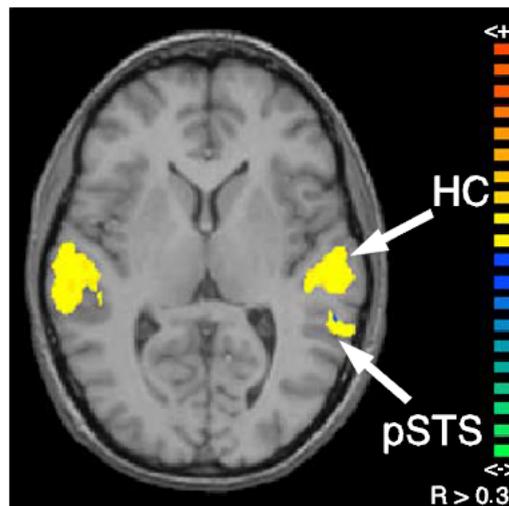
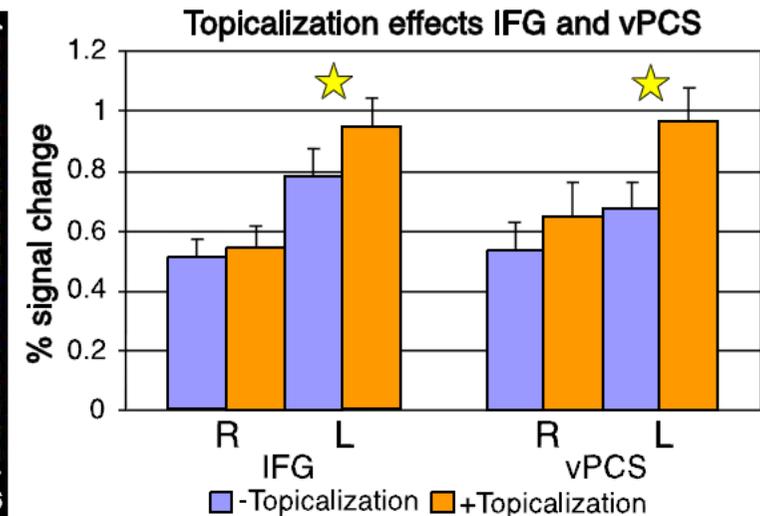
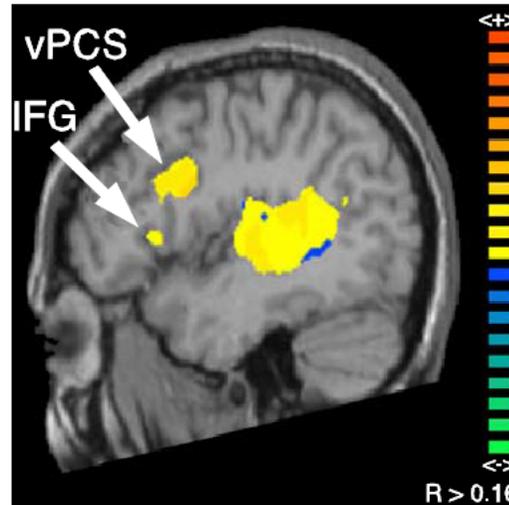
Ben-Shachar, M., Palti, D., & Grodzinsky, Y. (2004). Neural correlates of syntactic movement: converging evidence from two fMRI experiments. *Neuroimage*, 21(4), 1320–36.

Réplication et extension à de nouvelles structures grammaticales.

L'effet de mouvement est-il vrai quelle que soit la raison du mouvement?

Expérience 1. Topicalisation

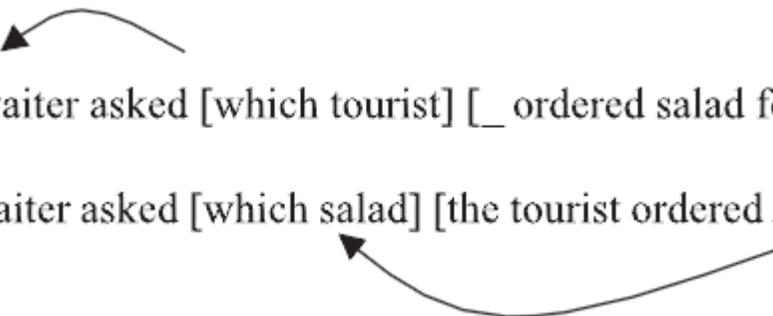
a. John gave [O<sub>1</sub>the red book] [O<sub>2</sub>to the professor from Oxford].  
 b. [O<sub>1</sub>The red book] John gave – [O<sub>2</sub>to the professor from Oxford].



# IRM fonctionnelle des transformations grammaticales

Ben-Shachar, M., Palti, D., & Grodzinsky, Y. (2004). Neural correlates of syntactic movement: converging evidence from two fMRI experiments. *Neuroimage*, 21(4), 1320–36.

Expérience 2. Formation des questions avec mouvement « Wh ».

- 
- (a) subject Q: the waiter asked [which tourist] [\_ ordered salad for lunch].
- (b) object Q: the waiter asked [which salad] [the tourist ordered \_ for lunch].
- The diagram consists of two curved arrows. The first arrow starts above the blank space in sentence (a) and points to the phrase '[which tourist]'. The second arrow starts above the blank space in sentence (b) and points to the phrase '[which salad]'. This illustrates the movement of the wh-phrase from its base position to the specifier of the question complementizer (Q) position.

Comparaison avec une question oui/non (avec « si ») qui ne nécessite aucun mouvement, mais qui conduit à une structure d'enchâssement similaire.

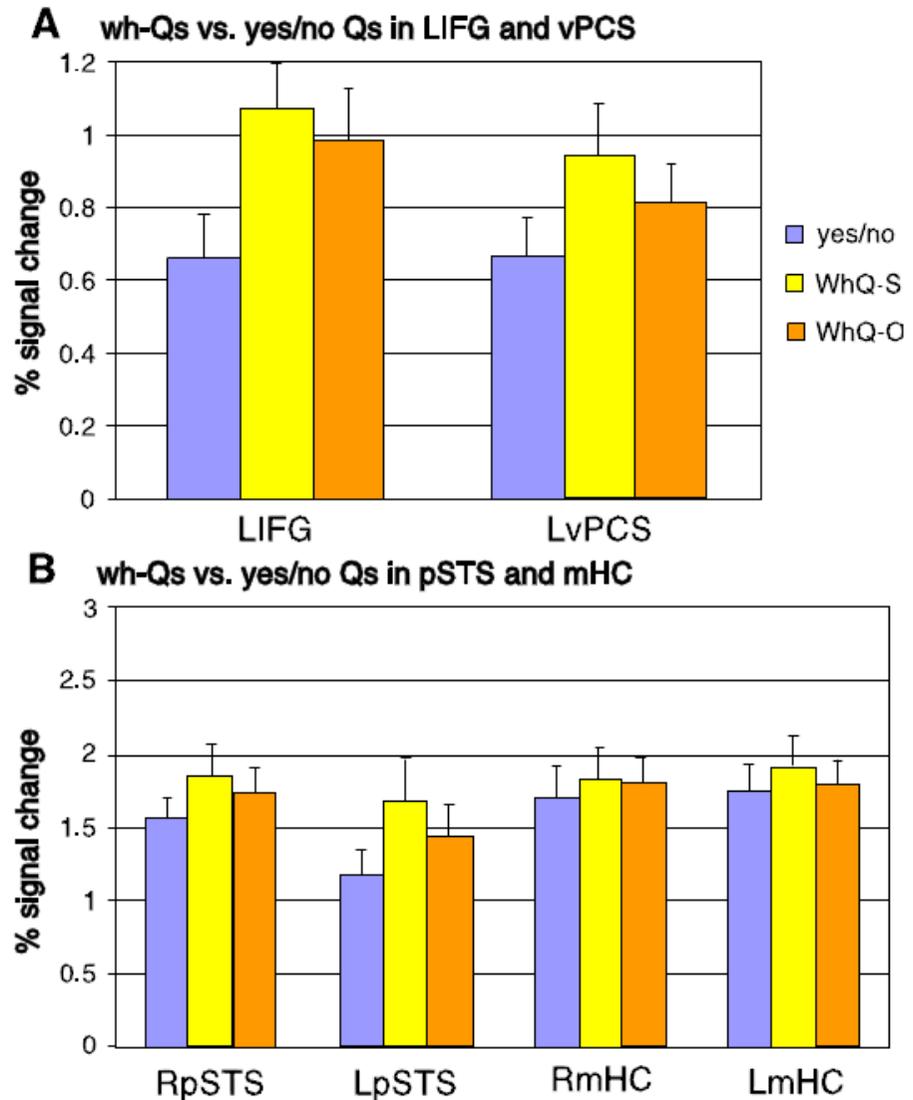
# IRM fonctionnelle des transformations grammaticales

Ben-Shachar, M., Palti, D., & Grodzinsky, Y. (2004). Neural correlates of syntactic movement: converging evidence from two fMRI experiments. *Neuroimage*, 21(4), 1320–36.

Résultats:

Toutes les questions en Wh- induisent une augmentation d'activation dans la région frontale inférieure gauche, et dans le pSTS (mais plus dans la région de Heschl).

Ceci est vrai même pour les questions qui portent sur le sujet de la relative (et qui n'entraînent donc pas d'inversion de l'ordre)



# Adaptation au mouvement syntaxique

Santi, A., & Grodzinsky, Y. (2010). fMRI adaptation dissociates syntactic complexity dimensions. *Neuroimage*, 51(4), 1285–93.

Présentation de 4 sortes de phrases: avec mouvement du sujet ou de l'objet, et avec construction « center-embedded » ou « right-branching ».

## "Canonical" word-order (Subject Movement)

I. <CE, -MOV>

The boy [who \_ is chasing the tall girl] is Derek

III. <RB, -MOV>

Derek is the boy [who \_ is chasing the tall girl]

## "Non-Canonical" word-order (Object Movement)

II. <CE, +MOV>

The boy [who the tall girl is chasing \_] is Derek

IV. <RB, +MOV>

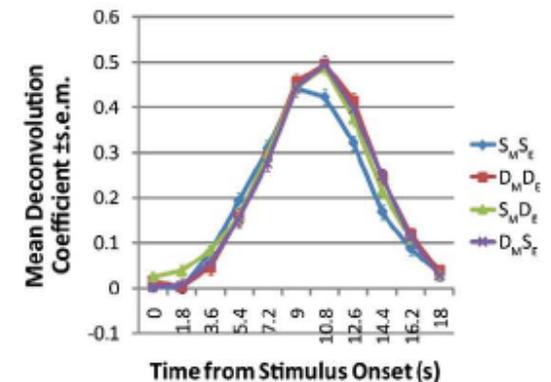
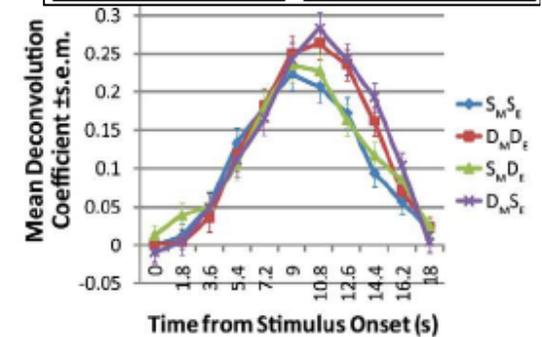
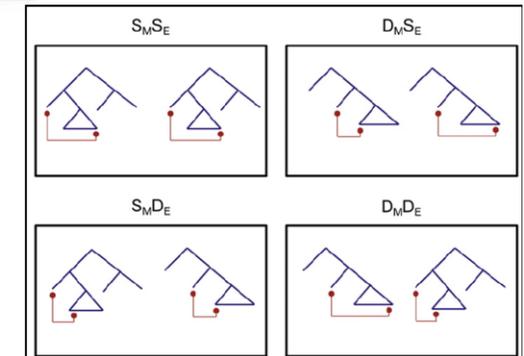
Derek is the boy [who the tall girl is chasing \_]

Les phrases sont présentées par paires, et on regarde quelles régions bénéficient d'une répétition du type de mouvement ou du type d'enchâssement.



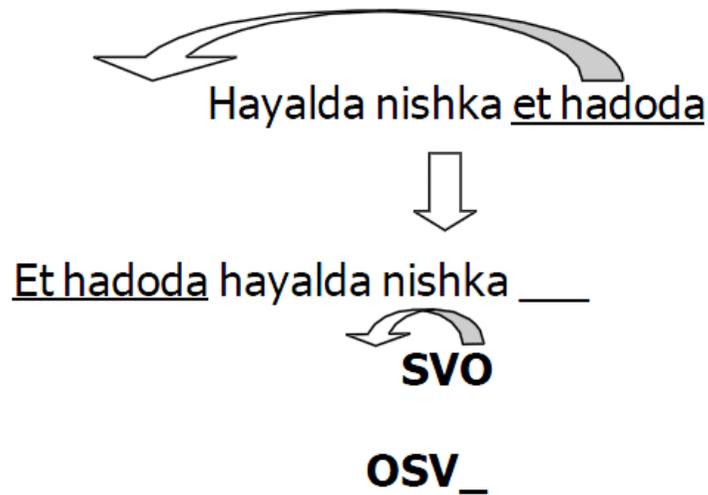
Adaptation to Movement and Embedding

Adaptation to Movement



# L'IRM fonctionnelle permet-elle de distinguer différents types de mouvement syntaxique?

Shetreet, E., & Friedmann, N. (2014). The processing of different syntactic structures: fMRI investigation of the linguistic distinction between wh-movement and verb movement. *Journal of Neurolinguistics*, 27(1), 1–17.



Topicalisation en hébreu ( = mouvement à mots constants )

Table I: Example sentences of each condition.

All four conditions mean "The grandma will hug the excited soldier tomorrow."

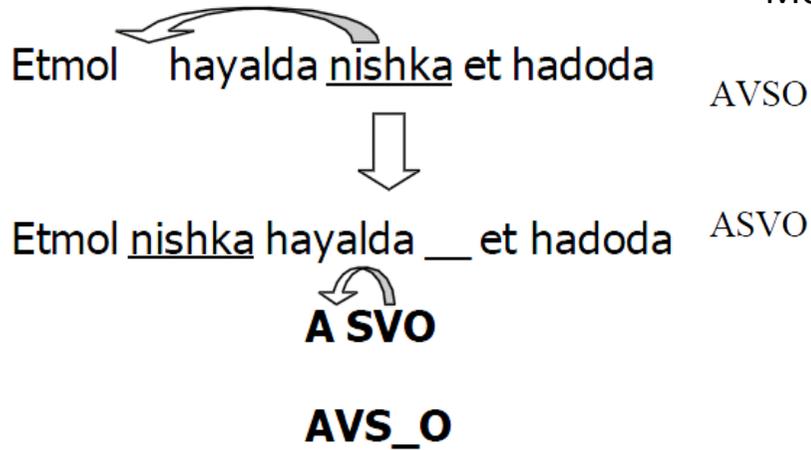
Condition	Examples
OSVA	Et ha-xayelet ha-nirgeshet ha-safta texabek maxar <i>ACC the-soldier<sub>FEM</sub> the-excited<sub>FEM</sub> the-grandma will-hug tomorrow</i>
SVOA	Ha-safta texabek et ha-xayelet ha-nirgeshet maxar <i>The-grandma will-hug ACC the-soldier<sub>FEM</sub> the-excited<sub>FEM</sub> tomorrow</i>

Task = is the event described positive or negative?



# L'IRM fonctionnelle permet-elle de distinguer différents types de mouvement syntaxique?

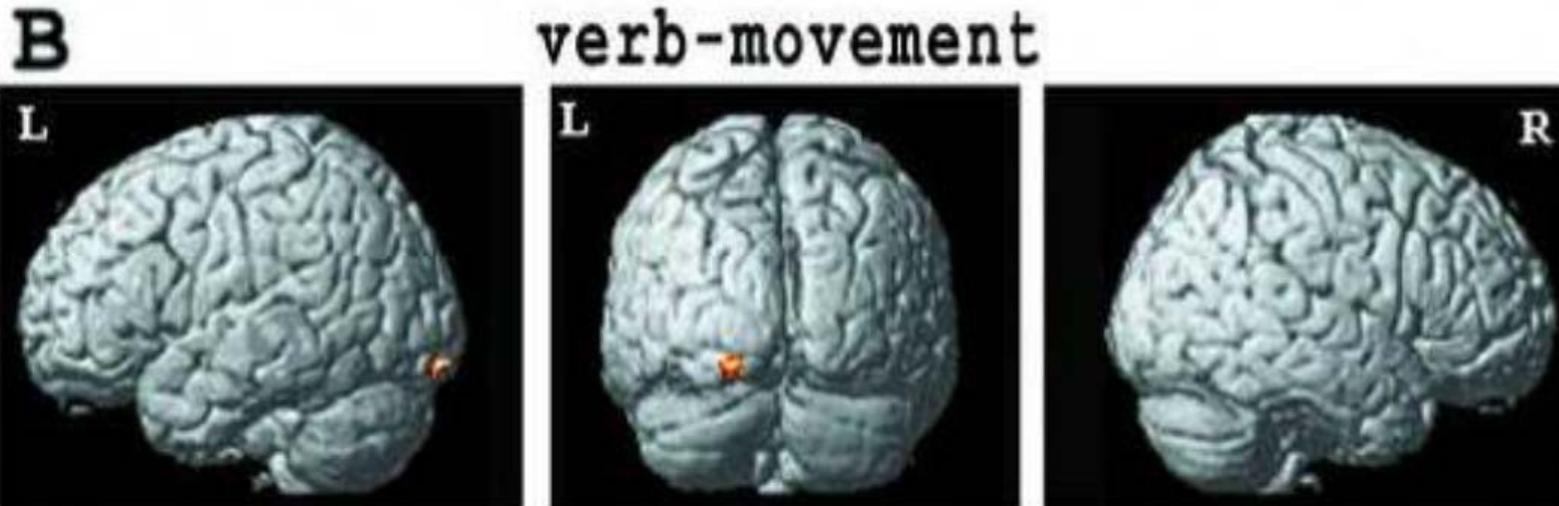
Shetreet, E., & Friedmann, N. (2014). The processing of different syntactic structures: fMRI investigation of the linguistic distinction between wh-movement and verb movement. *Journal of Neurolinguistics*, 27(1), 1–17.



Mouvement du verbe ( toujours à mots constants )

Maxar texabek ha-safta et ha-xayelet ha-nirgeshet  
*Tomorrow will-hug the-grandma ACC the-soldier<sub>FEM</sub> the-excited<sub>FEM</sub>*

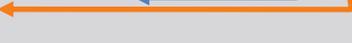
Maxar ha-safta texabek et ha-xayelet ha-nirgeshet  
*Tomorrow the-grandma will-hug ACC the-soldier<sub>FEM</sub> the-excited<sub>FEM</sub>*



# Une étude des différents types de mouvement en français

Christophe Pallier, Murielle Fabre

Objectif : Caractériser le profil de réponse des aires du langage à des structures arborescente de complexité variable, fondées sur 4 types de mouvement linguistique.

Surface sentence	Abstract representation	Operations
Il écoute.		 2
Il écoute?		 2
Ecoute-t-il?		 ? 3
Il écoute ça.		3
Ecoute-t-il ça?		 ? 4
L'écoute-t-il?	 	  ? 5
Qui il écoute?	 	 ? 4
Qui écoute-t-il?	 	  ? 5
Il l'écoute là.		 5
L'y écoutes-tu?	 	   ? 7

# L'effet de différents types de mouvement en français

wh-movement

V-movement

Wh + V-movement

cl-movement

NP-movement

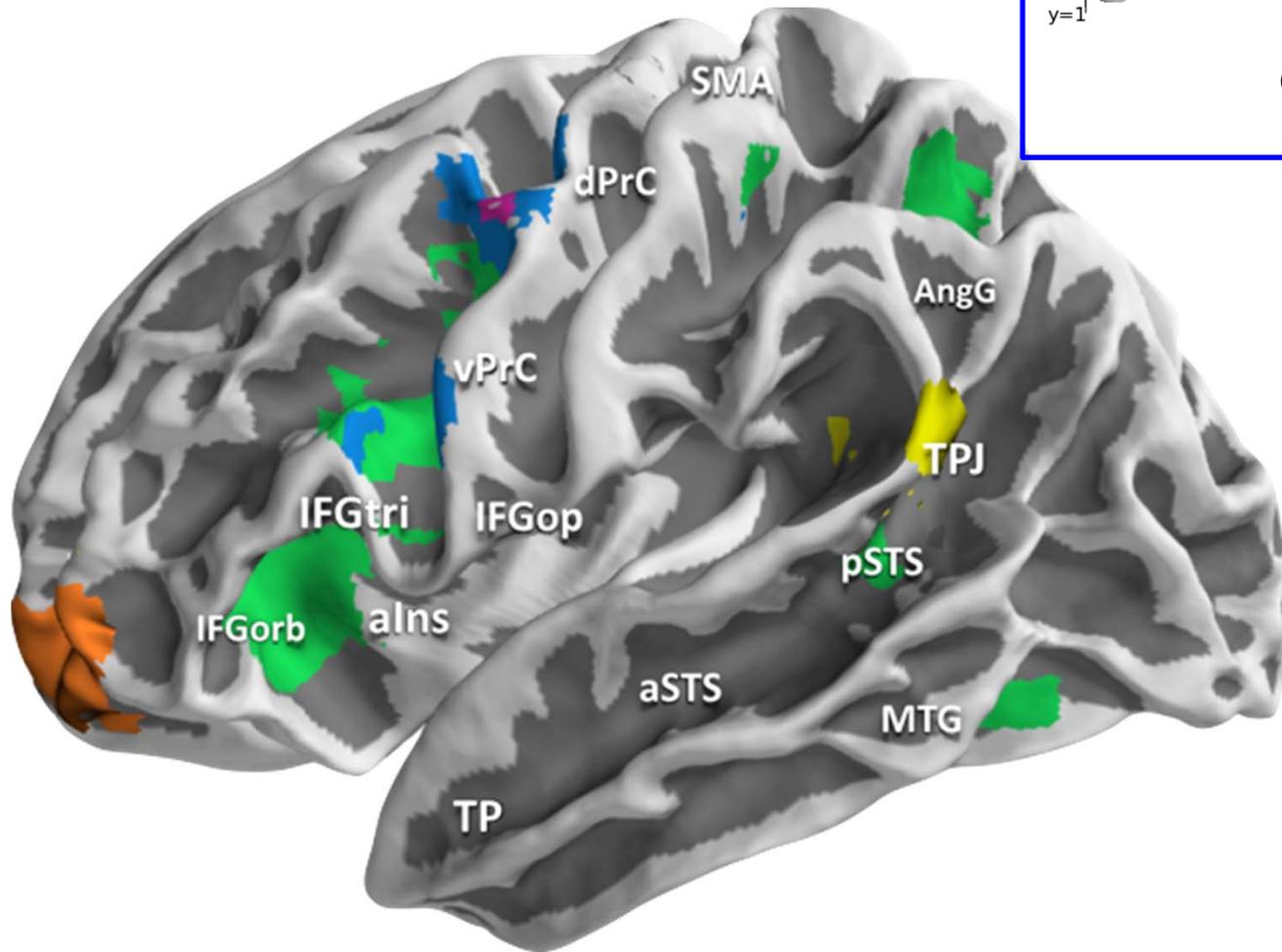
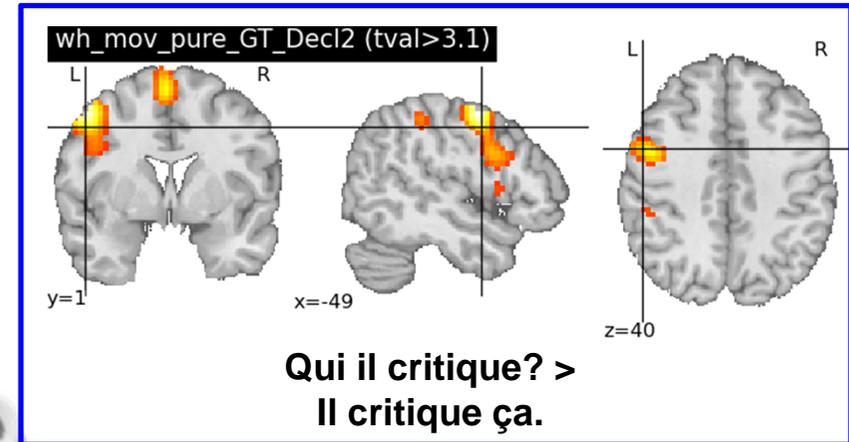
Qui elle adore? > Elle adore ça.

Adore-t-elle ça? > Elle adore ça.

Qui adore-t-elle? > Elle adore ça.

Elle l'adore. > Elle adore ça.

Elle maigrit. > Elle baille.



# 35 conditions expérimentales !

## 1 Argument

<b>1 Argument Unacc</b>	Example
c01_Unacc_Decl → 1Ag	Il maigrit.
c02_Unacc → 1Ag	Tu déchantes?
c03_Unacc_Qinv → 1Ag	Brille-t-elle?

<b>1 Argument Unerg</b>	Example
c04_Unerg_Decl → 1Ag	Tu bailles.
c05_Unerg → 1Ag	Tu défiles?
c06_Unerg_Qinv → 1Ag	Dort-elle?

## 2 Arguments

<b>2 Arguments loc</b>	Example
c07_Unacc_Decl → 2Ag_loc	Il hiberne là.
c08_Unacc → 2Ag_loc	Tu vis là?
c09_Unacc_Qinv → 2Ag_loc	Où réside-t-elle?
c10_Unacc_Qinv → 2Ag_loc	Siège-t-il là?
c11_Unacc_Decl → 2Ag_loc	Tu y survis.
c12_Unacc → 2Ag_loc	Elle y figure?
c13_Unacc_Qinv → 2Ag_loc	Y déteint-t-il?
c14_Unacc_Q → 2Ag_loc	Où elle revient?

<b>2 Arguments obj</b>	Example
c15_Trans_Decl → 2Ag_obj	Tu détruis ça.
c16_Trans → 2Ag_obj	Il méprise ça?
c17_Trans_Qinv → 2Ag_obj	Critique-t-il ça?
c18_Trans_whQinv → 2Ag_obj	Qui méprise-t-il?
c19_Trans_Decl → 2Ag_obj	Tu l'esquives.
c20_Trans → 2Ag_obj	Elle l'imite?
c21_Trans_Qinv → 2Ag_obj	L'adopte-t-il?
c22_Trans_whQ → 2Ag_obj	Qui elle écoute?

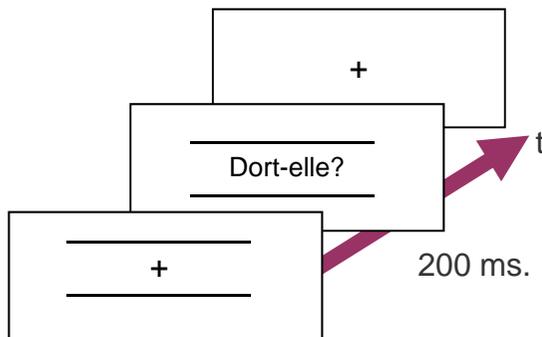
## 3 Arguments

<b>3 Arguments obj loc</b>	Example
c23_transy_Decl → 3Ag_loc	Il abandonne ça là.
c24_transy → 3Ag_loc	On adosse ça ici?
c25_transy_Qinv → 3Ag_loc	Assigne-t-on ça ici?
c26_transy_WhQinv → 3Ag_loc	Où colles-tu ça?
c27_transy_Decl → 3Ag_loc	Tu l'enlèves là.
c28_transy → 3Ag_loc	On l'adresse là?
c29_transy_Qinv → 3Ag_loc	Le retire-t-elle là?
c30_transy_WhQ → 3Ag_loc	Où elle envoie ça?

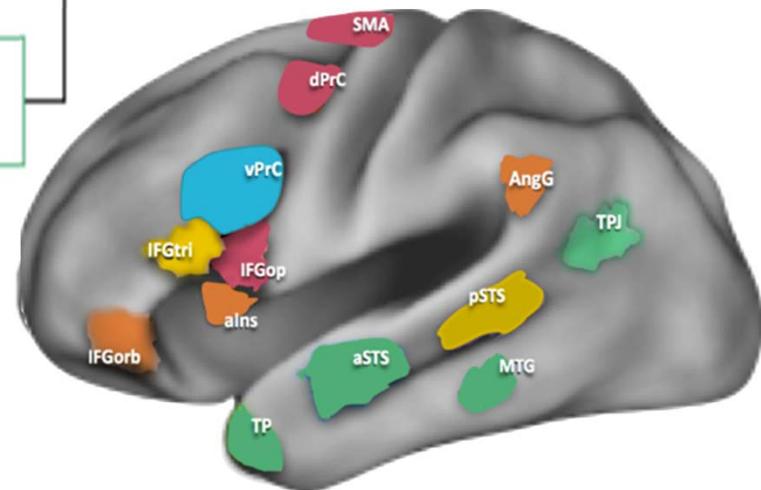
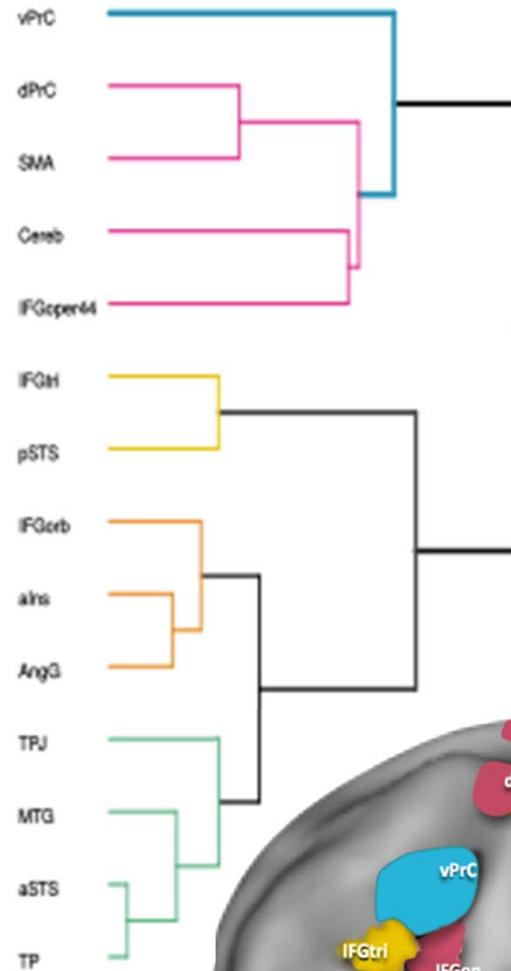
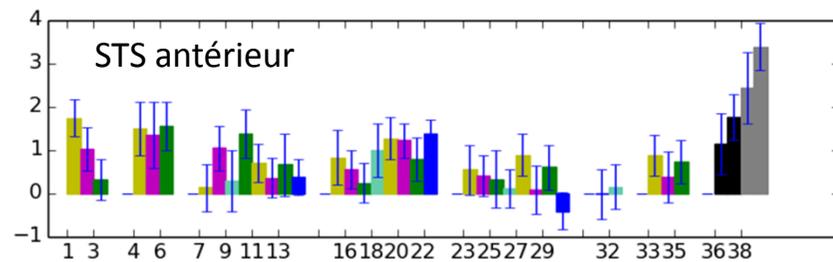
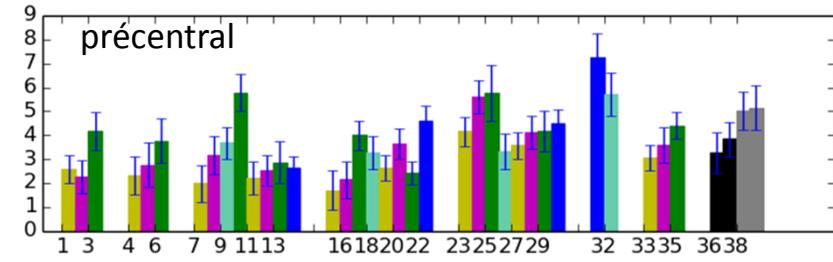
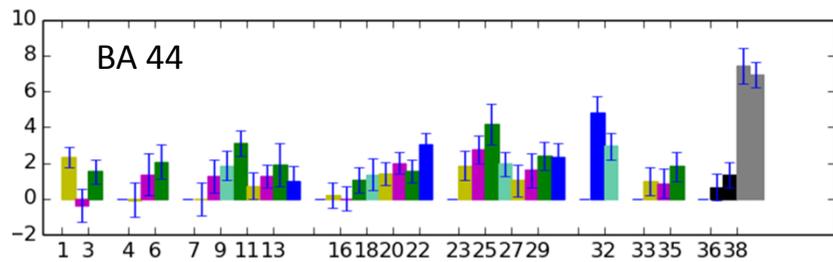
<b>3 Arguments obj dat clitic</b>	Example
c31_transy_WhQ → 3Ag_dat	Qui on lui présente?
c32_transy_WhQ → 3Ag_dat	Qui lui soumet-elle?

<b>3 Arguments 2Clitics obj loc</b>	Example
c33_Decl → 3Ag_4w_2EC	On l'y joint.
c34 → 3Ag_4w_2EC	Tu l'y appliques?
c35_Qinv → 3Ag_4w_3EC	L'y associes-tu?

20 subjects



# Chaque réseau de régions possède sa « signature » : un profil particulier de réponse à la complexité des phrases



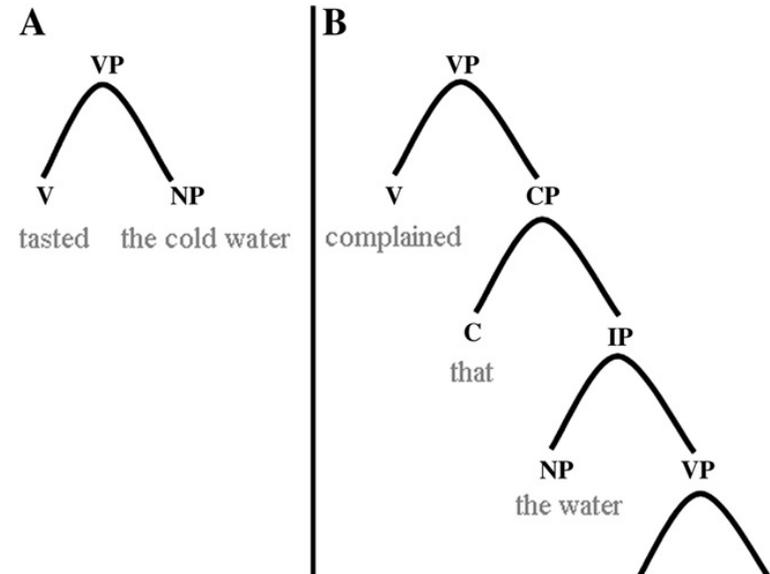
# Effet de complexité syntaxique en l'absence de mouvement

Shetreet, E., Friedmann, N., & Hadar, U. (2009). An fMRI study of syntactic layers: Sentential and lexical aspects of embedding. *NeuroImage*, 48(4), 707–716

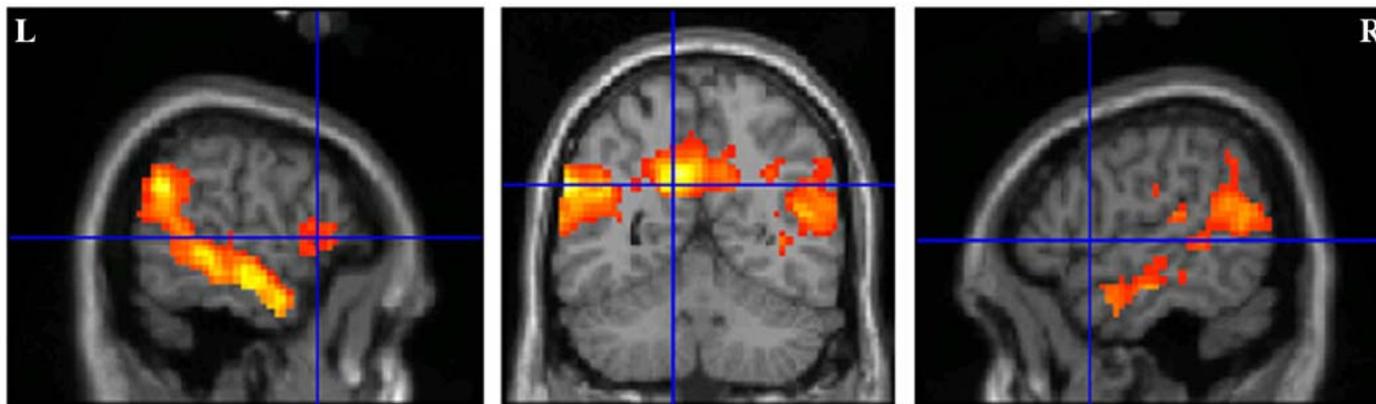
Hypothèse: les phrases qui contiennent des propositions enchâssées sont plus complexes que celles qui n'en contiennent pas, même en l'absence de mouvement. L'hébreu permet de tester cette idée à mots pratiquement constants.

SV **NP complement** Dan taam et ha-maim ha-karim  
 Dan tasted acc the-water the-cold  
**Dan tasted the cold water**

SV **CP complement** Dan hitlonen she ha-maim karim  
 Dan complained that the-water cold  
**Dan complained that the water (is) cold**



Résultats: activation de l'ensemble du réseau classique du langage (STS + BA 45, bilatéral, + précuneus) pour les phrases avec CP par rapport aux phrases avec NP (pas d'effet dans le sens inverse).



L'aire 45 de Brodmann (IFGtri) pourrait être impliquée dans la création d'une « couche CP » (*CP layer*), même en l'absence de mouvement syntaxique (*contra* Grodzinsky).

# Conclusions

Tout au long de ce cours, nous avons observé un réseau temporo-frontal :

- s'activer dès que le cerveau humain représente ou manipule un arbre linguistique.
- En proportion du nombre de syntagmes enchâssés (*merge*)
- Et de la présence de mouvements syntaxiques (*move*)

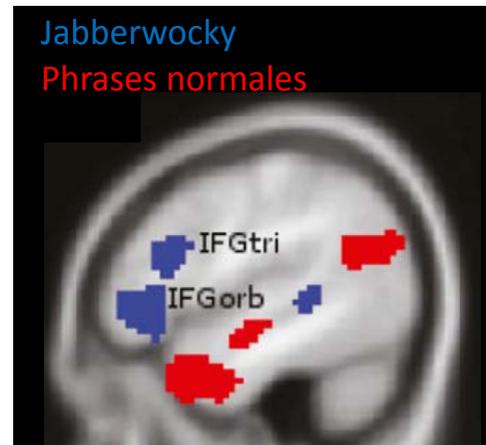
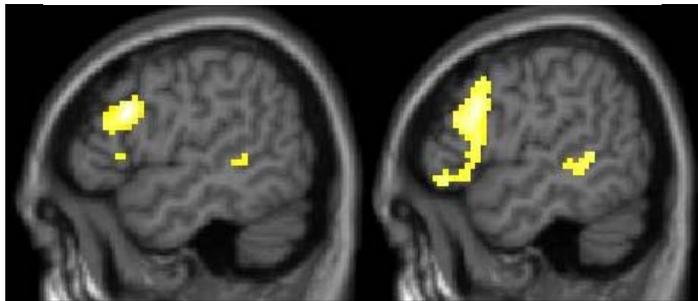
Son activité reflète notamment

- La présence d'ambigüités syntaxiques
- La nécessité d'explorer l'arbre syntaxique
- L'apprentissage précoce de la langue maternelle, y compris la langue des signes

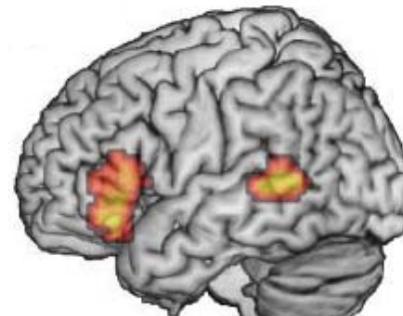
Sa lésion entraîne un agrammatisme qui se traduit par l'incapacité de former des structures syntaxiques complexes (CP ou TP).

Evolution d'un circuit propre à l'espèce humaine?

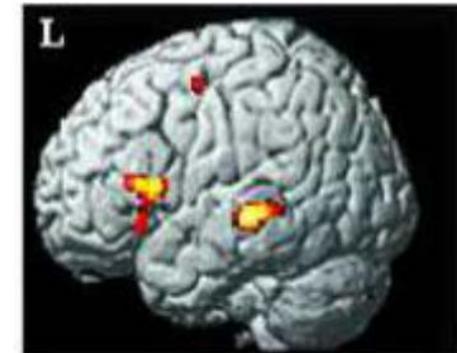
Exploration d'un arbre syntaxique



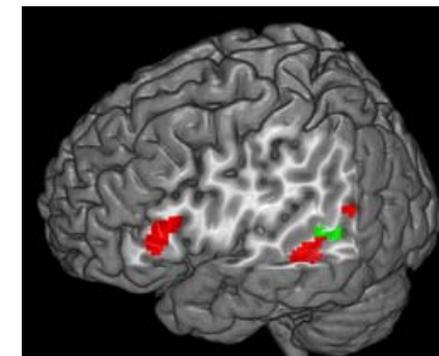
Révision d'une structure syntaxique ambiguë



Mouvement syntaxique



Langue des signes



Lésions conduisant à l'agrammatisme

