

Développement du réseau cérébral de l'écriture:

Résultats préliminaires par modèles de groupe et par analyse sur l'anatomie individuelle.

S. Palmis, E. Disarbois, J.L. Velay, M. Habib, S. Kandel, M. Longcamp

ANR-14-CE30-0013 ECRIRE

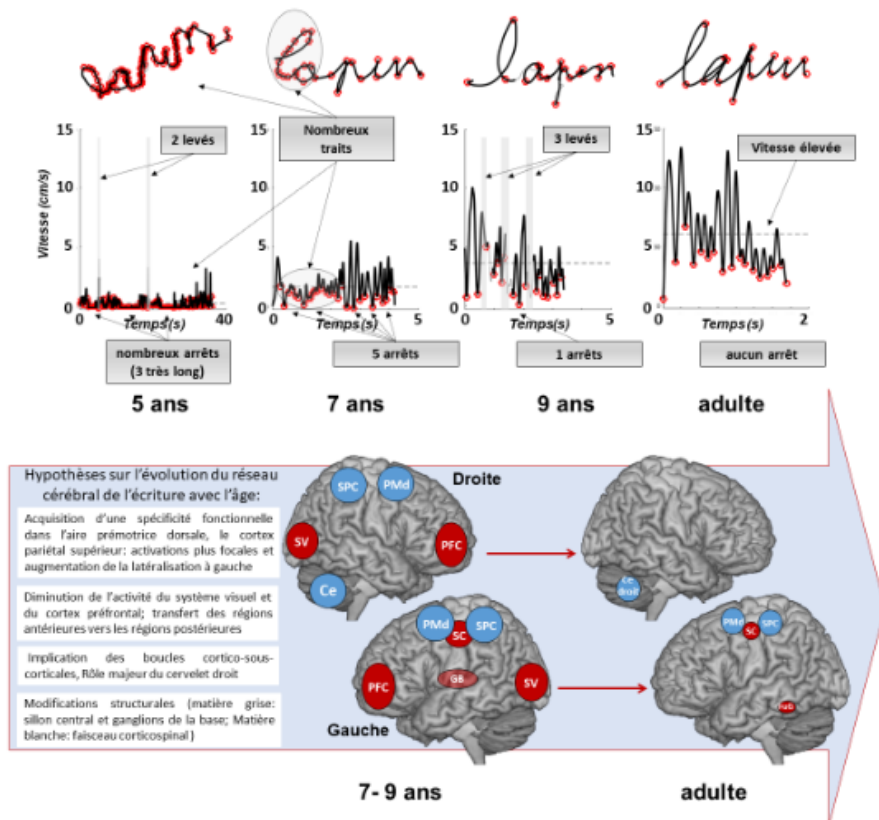
Programme éducation et apprentissages

Theoretical frame

Hypotheses:

Brain activations:

- Focalization of activations around regions of the handwriting network
- Lateralization of activations in the left hemisphere
- Decrease in activation of associative areas (SV, PFC)
- Increase in activation of FuG
- Connectivity between regions with automation of handwriting



Design

- **Participants :**

- 30 children 8 years old
- 30 children 10 years old
- 30 adults

65 Participants: 23 adults and 42 children

- **Pre-test**

- BHK
- Alouette
- Petit Poucet
- Test de latéralité

Design

- **Participants :**
 - 30 children 8 years old
 - 30 children 10 years old
 - 30 adults
- **Task :** writing single to under dictation, without visual feedback
- **Material :**
 - 2 groups of word according to their Phono-Orthographic Consistency (CPO)
 - 50 Regular words (REG)
 - 50 words with irregularity (IRR)

Words are familiar and matched on the 3 first letters

ex: **m**onsieur/**m**ontagne, **c**rapaud/**c**ravate, **m**inuit/**m**inute, **s**oldat/**s**olide

Mock scanner



Scanner IRM



Design

- **Functional Localizer:**

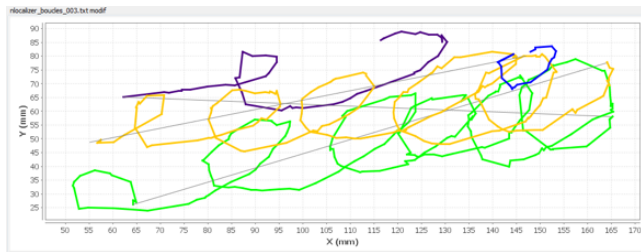
Conditions	Ecrire les lettres de l'alphabet	Faire des boucles
Ecrire les jours de la semaine	Rappel de l'orthographe	Rappel des programmes moteurs
Ecrire les lettres de l'alphabet		Rappel des programmes moteurs
Faire des boucles		

TR: 957ms, TE:0.03, Flip angle:58, slice thickness: 1 (anat), 2.5 (EPI), Nb of volume:335

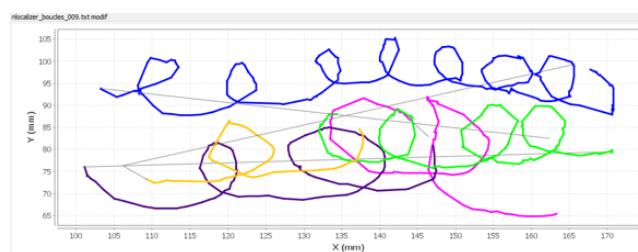
Results

- Functional Localizer:

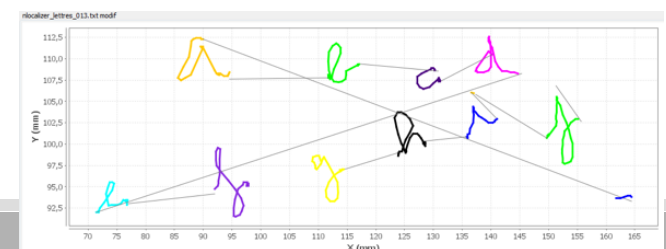
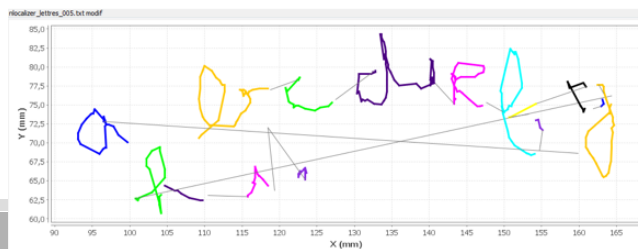
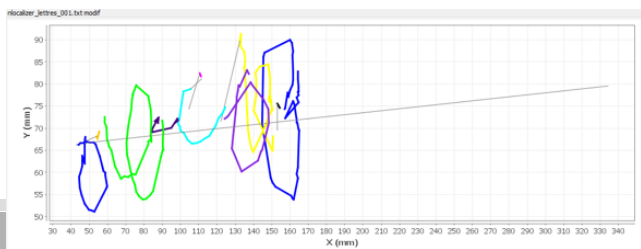
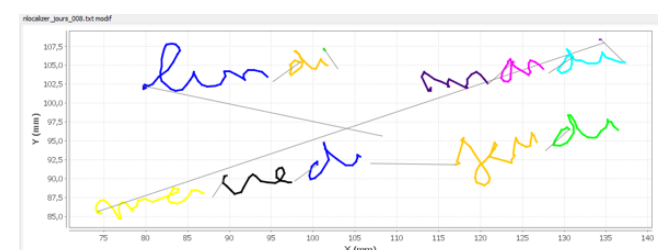
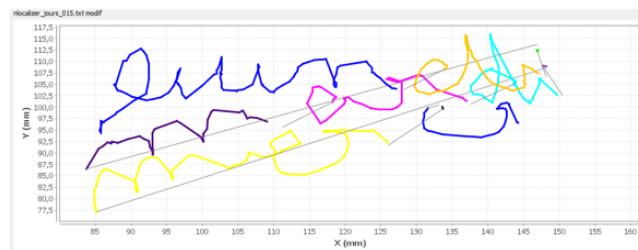
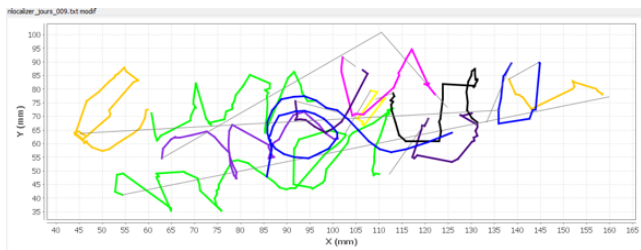
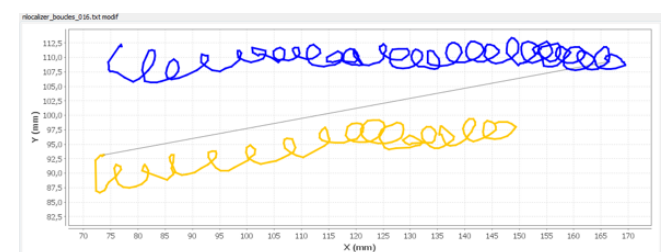
CE2



CM2



Adultes



Pre/Post -processing

- **Functional Localizer:**
 - Preprocessing: Dartel
 - Motion regressors: 24 motion parameters and/ or ART (motion > 3mm)
 - Physiological noise regressor: PhysiO (TAPAS toolbox)

Pre-processing

- Dartel
 - Calculate VDM
 - Realign and unwarp
 - Co-register: Estimate
 - segment

Classical preprocessing stage

 - Create common template (GM & WM)
 - Normalize
 - Smoothing (FWHM: 5mm)
 - Explicit Mask (pour analyse de premier niveau)

Pre/Post -processing

- **Functional Localizer:**
 - Preprocessing: Dartel
 - Motion regressors : 24 motion parameters and/ or ART (motion > 3mm)
 - Physiological noise regressor : PhysiO (TAPAS toolbox)

Post-processing

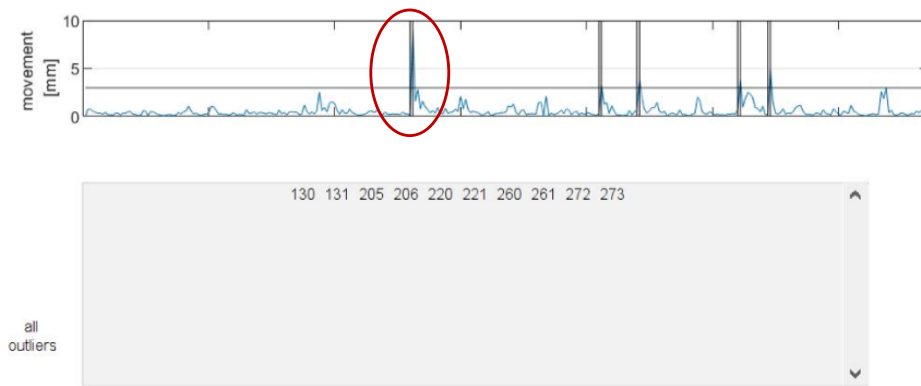
Motion correction: 24 motion parameters

- 6 classical motion parameters
- 6 classical motion parameters squared
- 6 classical motion parameters derivative
- 6 classical motion parameters squared derivative

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
1	0.4216e-4																									
2	0.11505	0.022533	0.48345	0.002807	0.003353	0.0070565	0.11585	0.022533	0.48345	0.002807	0.003353	0.0070565	0.11585	0.022533	0.48345	0.002807	0.003353	0.0070565	0.11585	0.022533	0.48345	0.002807	0.003353	0.0070565	0.11585	
3	0.18933	0.002062	0.11195	0.0050104	0.0021331	0.0026369	0.073483	0.074595	0.63605	0.0022037	0.0012261	0.0019133	0.035848	0.0027104	1.2533	2.51044e-05	4.5502e-06	6.9534e-07	0.051998	0.0056644	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	0.0000000
4	0.18932	0.003181	0.11119	0.0057242	0.0011332	0.0009998	0.074129	0.073112	0.4024	0.00071383	0.0009998	0.0014833	0.034567	0.0009191	2.5862	3.2767e-05	4.1043e-06	6.1705e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
5	0.058912	0.025733	0.12095	0.0072543	0.00015033	0.0043196	0.120115	0.067448	0.31176	0.0015301	0.00097383	0.00019807	0.0035775	0.0006622	3.723	5.2625e-05	2.5386e-06	1.8653e-06	0.15604	0.0033003	0.10007	2.8424e-06	9.4343e-07	3.0374e-08	0.0000000	
6	0.1762	0.04001	0.1598	0.008724	0.00098019	0.0027798	0.11639	0.014277	0.23034	0.0014897	0.00020087	0.0015398	0.031046	0.0016008	4.6649	7.6108e-05	6.0787e-07	7.7275e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
7	0.094444	0.019103	0.22759	0.0079444	0.0012603	0.0048995	0.081754	0.020907	0.11608	0.00077959	0.0022405	0.0022296	0.0009196	0.00026491	5.1798	6.3114e-05	5.8836e-06	2.6796e-07	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
8	0.096609	0.036138	0.4449	0.008159	0.001225	0.0060409	0.003344	0.019335	0.17394	0.00077148	0.0022405	0.0022296	0.001475	0.0009196	7.5866e-05	5.0006e-06	3.6453e-06	4.703e-06	0.0007780	0.002556	5.9144e-07	1.2444e-09	1.1504e-06	0.0000000	0.0000000	
9	0.28939	0.004402	0.6442	0.01096	0.00055996	0.0045489	0.19078	0.031998	0.19432	0.0022444	0.00066503	0.001402	0.003746	0.001477e-05	6.9918	0.00012013	1.1356e-07	2.0923e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
10	0.21338	0.016179	0.7361	0.010525	0.0007361	0.0051755	0.076013	0.016336	0.09189	0.00043572	0.00071166	0.00002602	0.00052919	7.4862	0.00011077	5.3525e-07	6.789e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	0.0000000	
11	0.26419	0.04758	0.6454	0.010233	0.00037611	0.0045074	0.050816	0.03079	0.090704	0.00029183	0.00011077	0.00006312	0.000797	0.0022638	6.998	0.00010471	1.4164e-07	2.0316e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
12	0.29024	0.048188	0.5977	0.010324	0.00098807	0.0043645	0.020044	0.0006084	0.047646	0.0003625	0.00003625	0.0002322	0.00012083	0.00032621	7.6482	0.00010619	0.7967e-07	1.9048e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
13	0.13002	0.022549	0.5357	0.009144	0.0033709	0.0001642	0.11521	0.070737	0.002069	0.00040919	0.0024721	0.0017797	0.018232	0.00000446	4.4296	0.00010314	1.0616e-06	6.4013e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
14	0.034761	0.018061	0.6403	0.01169	0.00225	0.000941	0.0004362	0.013408	0.005045	0.0003625	0.00003625	0.0002322	0.00012083	0.00032621	7.6482	0.00010619	0.7967e-07	1.9048e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
15	0.145652	0.074443	0.5925	0.010116	0.0032582	0.0000000	0.11968	0.045382	0.047612	0.0015138	0.0010081	0.0116422	0.004025	0.0003919	6.721	0.00010314	1.0616e-06	6.4013e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
16	0.044659	0.00774	0.8348	0.011878	0.0037446	0.0072358	0.14225	0.034292	0.24236	0.0017013	0.00045468	0.000765	0.00021518	0.011607	0.0364	0.00014108	1.3796e-05	5.2357e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
17	0.00896	0.10315	0.7970	0.002959	0.0021559	0.0008041	0.10383	0.075418	0.070701	0.0033819	0.0015587	0.0014317	0.007139	0.033545	7.828	0.0021645	4.6479e-06	3.3888e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
18	0.1067	0.076137	0.8157	0.011618	0.0025493	0.0004691	0.017738	0.10702	0.017648	0.0033224	0.00039337	0.00068496	0.011384	0.0027968	7.5081	0.00013404	0.4888e-06	4.2108e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
19	0.00896	0.10315	0.7970	0.002959	0.0021559	0.0008041	0.10383	0.075418	0.070701	0.0033819	0.0015587	0.0014317	0.007139	0.033545	7.828	0.0021645	4.6479e-06	3.3888e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
20	0.1317	0.0066561	0.8915	0.011955	0.0018039	0.0076082	0.025007	0.069481	0.12421	0.0023804	0.00074542	0.0011191	0.017346	4.4304e-05	7.2441	0.00014054	2.5239e-06	5.7888e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
21	0.10426	0.01054	0.8444	0.01173	0.0008175	0.007314	0.027449	0.003841	0.10287	0.0012563	0.0010137	0.00029422	0.010889	0.0001111	0.8054	0.00013758	0.5884e-06	5.2494e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
22	0.1393	0.006092	0.8384	0.012188	0.00028706	0.0006028	0.049152	0.0056037	0.0056037	0.0004603	0.0004603	0.0004603	0.0004603	0.0004603	0.0004603	0.00014684	0.2405e-06	4.6277e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
23	0.12593	0.005384	0.8739	0.012638	0.003512	0.0060728	0.013362	0.045053	0.040509	0.00044997	0.00064141	0.00072977	0.015859	0.13791e-05	8.2881	0.00015971	1.2334e-05	3.6877e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
24	0.019021	0.11758	0.8533	0.016887	0.0004695	0.0009026	0.10991	0.12322	0.025003	0.0032926	0.0021576	0.0000298	0.0003018	0.013825	8.1414	0.00027448	2.1444e-05	1.7648e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
25	0.11394	0.0047756	0.9609	0.013506	0.0033532	0.0043904	0.094914	0.1128	0.11559	0.0030615	0.0023164	0.0025122	0.012981	2.2807e-05	8.0144	0.00018241	1.3244e-05	1.9276e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
26	0.080426	0.0021084	0.0391	0.013342	0.0039772	0.0046035	0.033509	0.0026872	0.070184	0.00016409	0.00062404	0.00011312	0.0004684	4.4454e-06	9.236	0.000178	1.5818e-05	2.0827e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
27	0.26945	-0.13137	0.0164	0.016609	0.0027255	0.0016976	0.18993	-0.12926	0.022609	0.0027111	-0.0132117	0.002006	0.072804	0.017228	0.9086	0.00025789	1.4203e-06	2.8817e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
28	0.16984	-0.15412	0.0985	0.016605	0.001352	0.0054577	0.099615	-0.02275	0.002009	0.00054626	0.0011935	-0.0037601	0.002845	0.023753	9.6006	0.00025773	1.828e-06	2.9847e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
29	0.032315	-0.091718	0.0758	0.017096	0.0032616	0.0073318	-0.20215	0.062482	0.022648	0.00048976	0.0013976	-0.0018741	0.0015443	0.0084123	9.4406	0.00029224	1.0638e-06	5.3758e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
30	0.010766	-0.096461	0.0796	0.017208	0.0032802	0.0068385	0.043081	-0.0037421	0.0037318	0.00023325	0.00020276	0.00040331	0.00019137	9.4839	0.00030027	2.7918e-06	4.6761e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000		
31	0.017132	-0.10772	0.1581	0.016844	0.0006759	0.0071675	0.000366	0.012258	0.00084463	0.0014698	0.00032896	0.00023439	0.011603	9.9734	0.00028371	1.5884e-06	5.1373e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000		
32	0.006496	-0.03076	0.1583	0.016805	0.0014788	0.0068847	0.010582	0.024843	0.0018095	0.00023831	0.00071777	0.00040874	2.4994e-05	0.0000916	9.962	0.00027573	5.9332e-06	4.4888e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
33	0.047918	-0.064321	0.1459	0.016616	0.000446	0.006964	0.040469	0.018765	0.010309	0.000747e-05	0.0010338	0.00077677	0.0022107	0.0041372	9.8967	0.00027609	4.1538e-06	3.5489e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
34	0.0070727	-0.14912	0.1061	0.017153	0.0002278	0.0006173	0.039945	-0.084797	0.039797	0.0005366	0.0017828	-0.00021504	0.000545	0.022236	9.6479	0.00029421	1.7697e-06	3.8106e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
35	0.10846	-0.089412	0.0831	0.016818	0.0017888	0.0053217	0.10138	0.059786	0.022954	0.00033463	0.00038997	0.0008127	0.011763	0.0079944	9.5058	0.00026265	2.2244e-05	8.3217e-06	0.0000000	0.0000000	0.40456	4.8566e-06	1.5334e-06	3.7399e-06	0.0000000	
36</																										

Post-processing

ART (motion > 3mm)

[illegible]

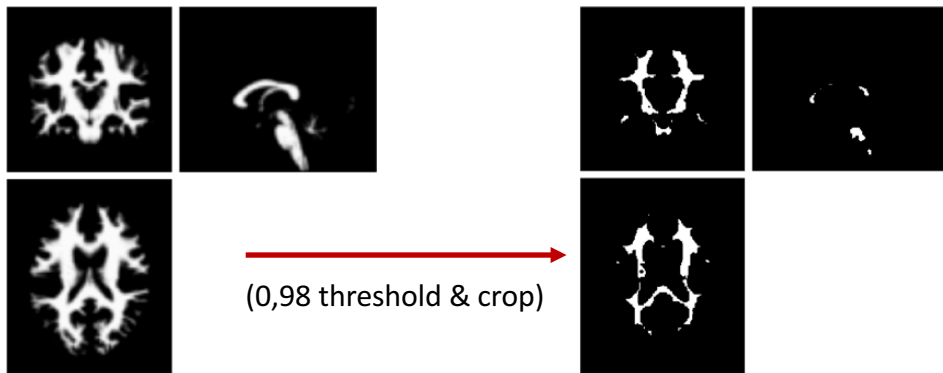
Pre/Post -processing

- **Functional Localizer:**
 - Preprocessing: Dartel
 - Motion regressors: 24 motion parameters and/ or ART (motion > 3mm)
 - Physiological noise regressor : PhysiO (TAPAS toolbox)

Post-processing

PhysiO: Thresholded & cropped WM and CSF

White mater

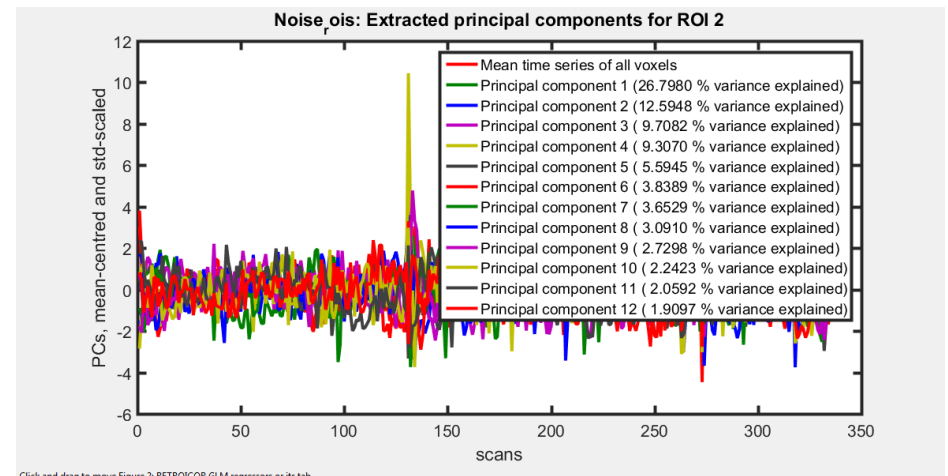
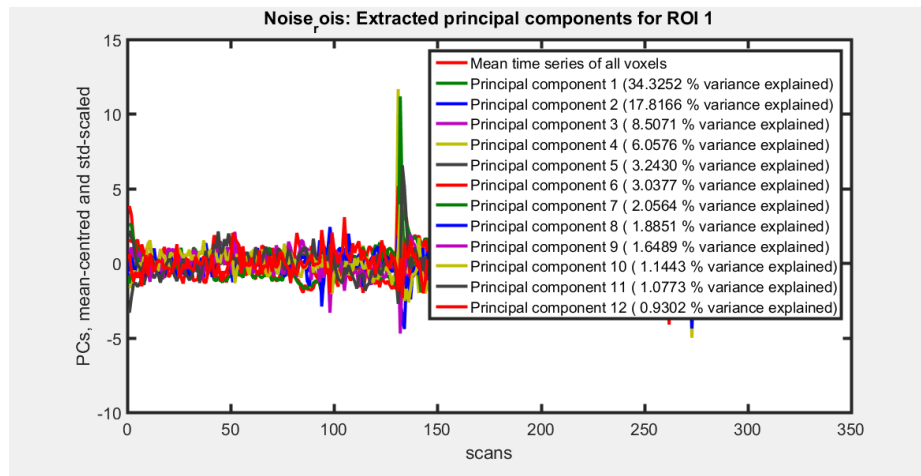


Cerebrospinal fluid



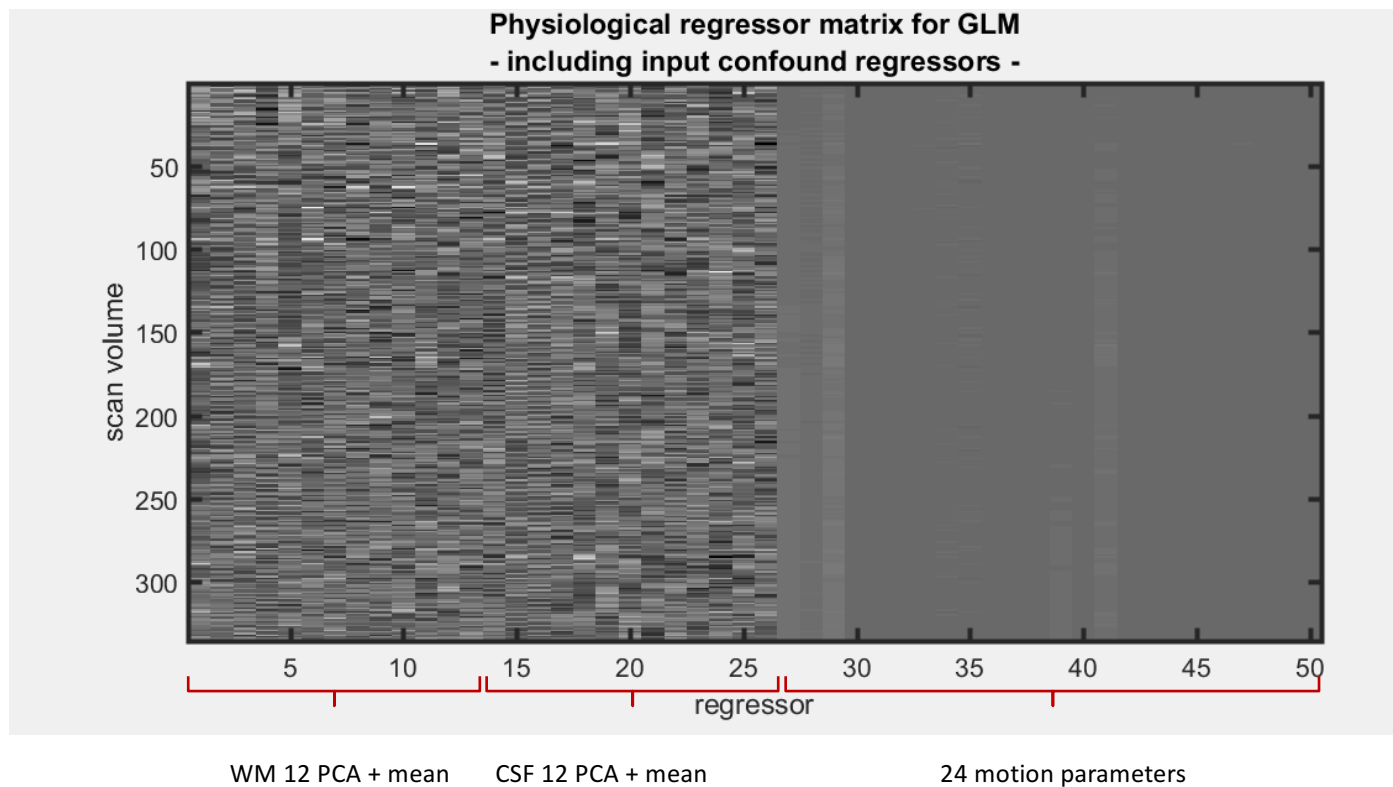
Post-processing

PhysiO: Principal component analysis the ROIs EPIs



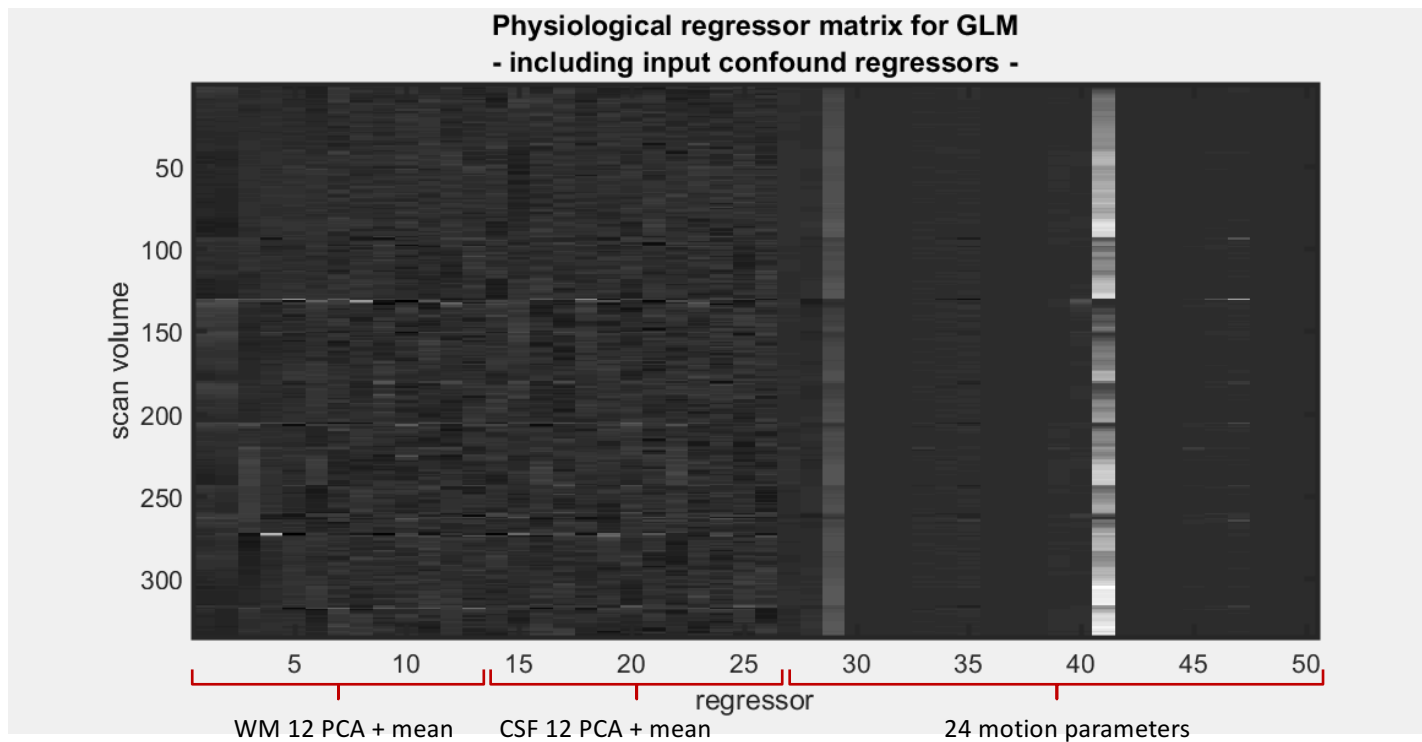
Post-processing

PhysiO: Principal component analysis of WM and CSF



Post-processing

PhysiO: Principal component analysis of WM and CSF

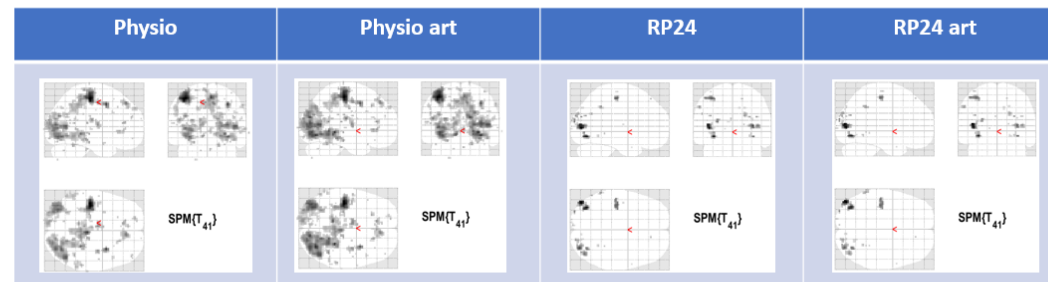


Post-processing comparisons

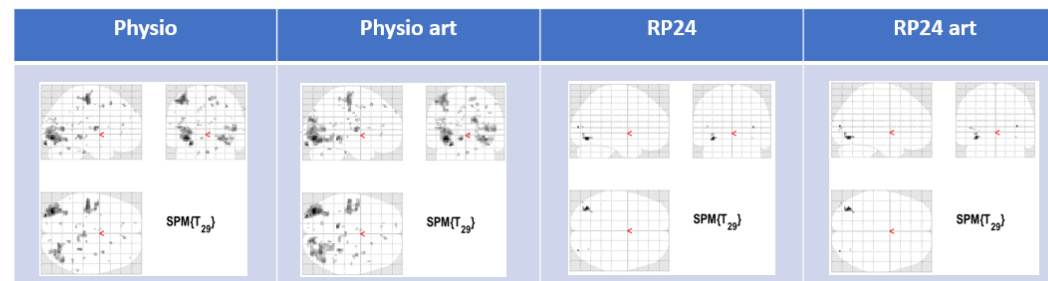
- Physio **vs** Physio + art **vs** 24mvt parameters **vs** 24mvt parameters + art
- All group (65 subjects: 23 adults & 42 children) **vs** Restricted group (52 subjects: 22 adults & 30 children mvt <3mm)

Jours vs lettres enfants

Groupe complet



Groupe sans mouvement

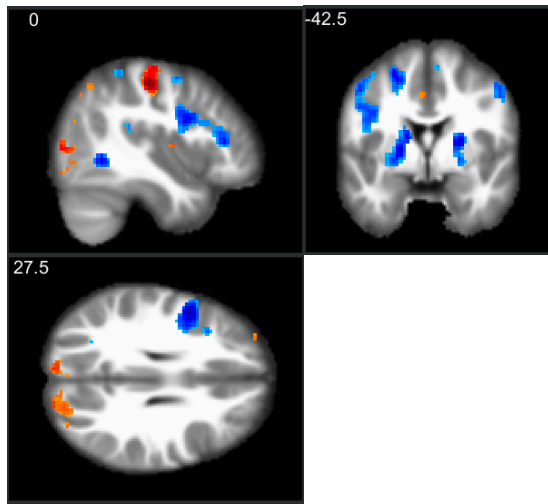


Statistical models comparisons

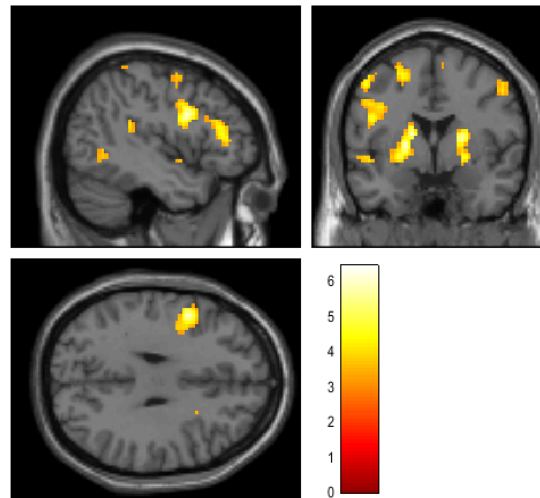
- GLMflex **vs** Flexible Factorial

(jours - boucles) vs (lettres - boucles) – Main effect of condition

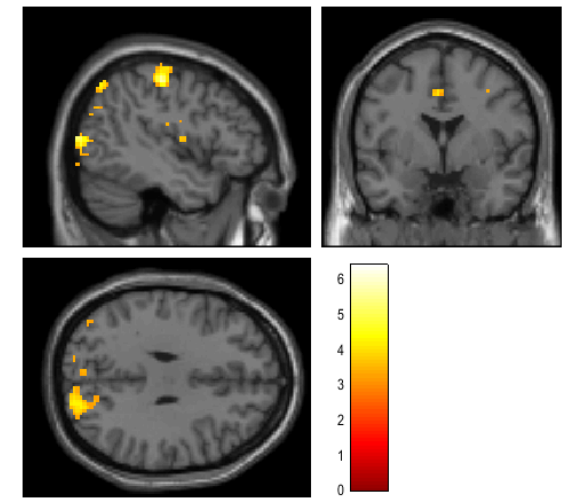
GLMflex Condition



Flexible factorial MEC 1



Flexible factorial MEC 2



Jours vs lettres

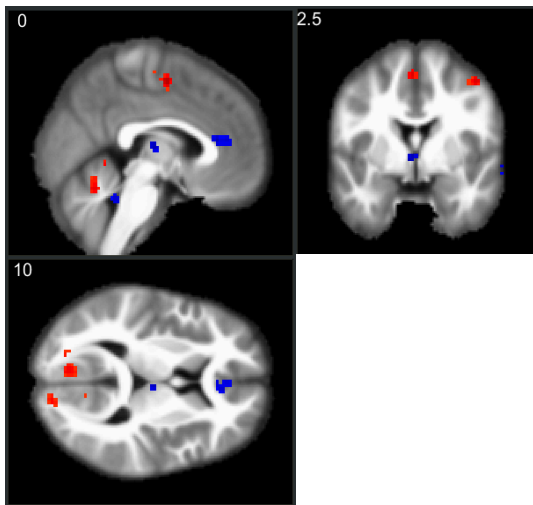
Lettres vs Jours

Statistical models comparisons

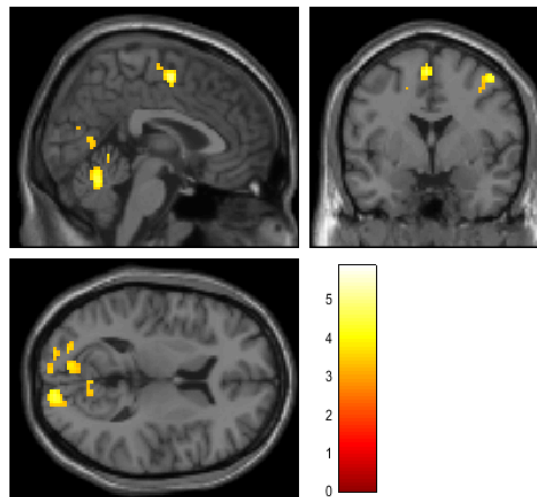
- GLMflex **vs** Flexible Factorial

adults vs Children – Main effect of group

GLMflex Group

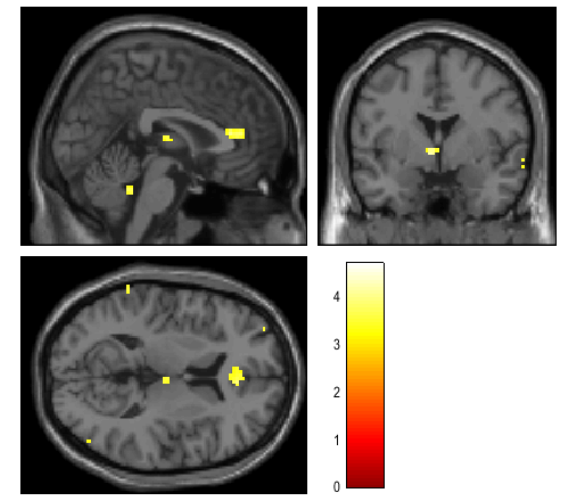


Flexible factorial MEG 1



Adults vs Children

Flexible factorial MEG 2



Children vs Adults

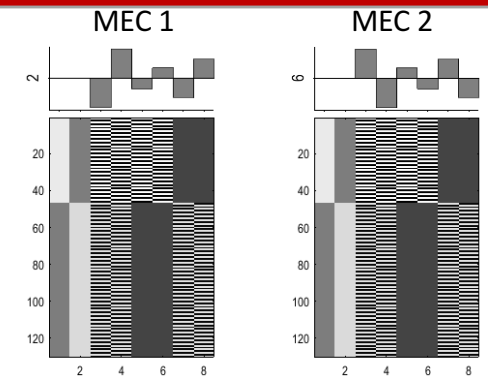
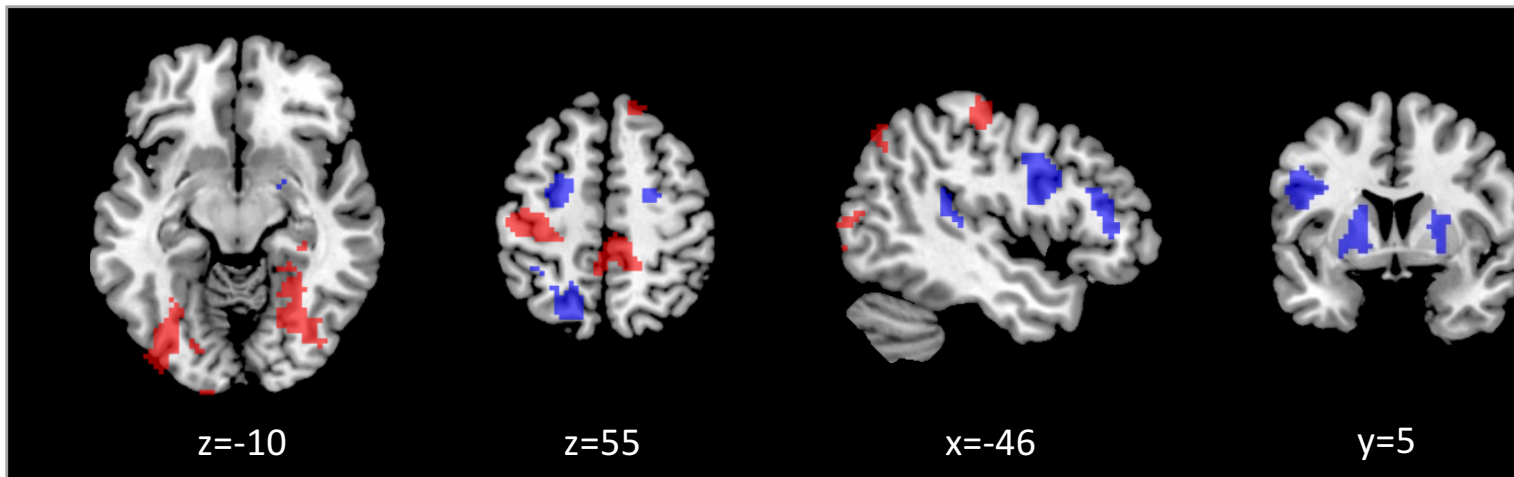
Conclusion

- Physio +art
- All group
- Flexible Factorial

Conclusion

- Flexible Factorial – final results

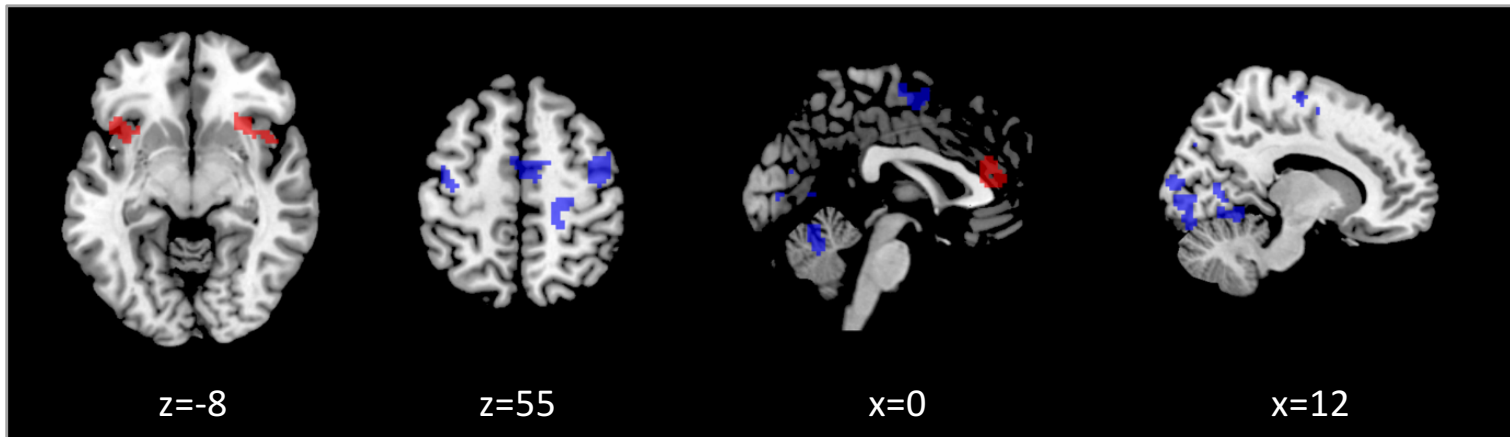
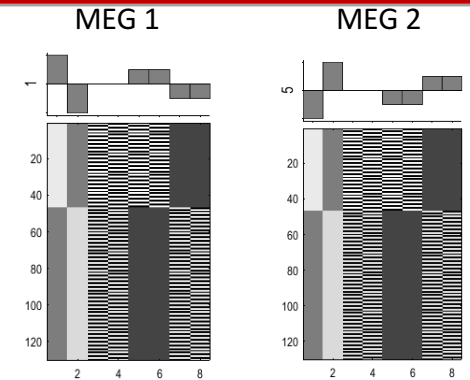
Main effect of condition (**jours** vs **lettres**)



Conclusion

- Flexible Factorial – final results

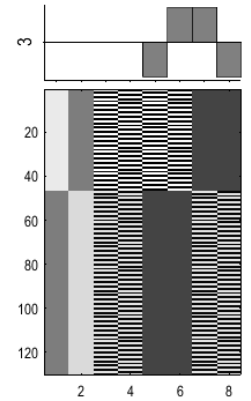
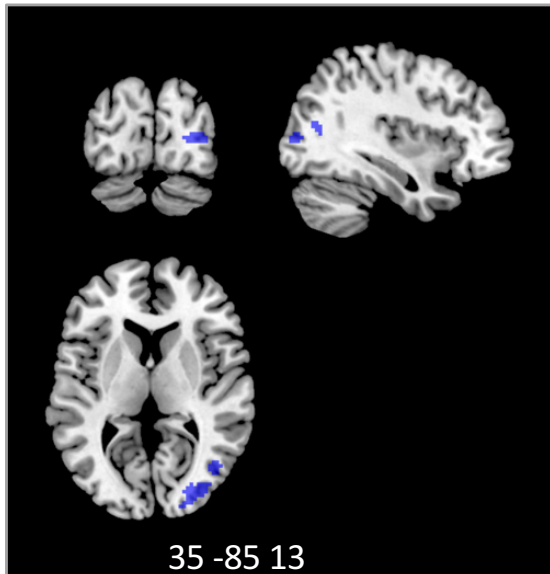
Main effect of group **adults** vs **children**



Conclusion

- Flexible Factorial – final results

Interaction





Theoretical frame

Cognition 136 (2015) 325–336

Contents lists available at ScienceDirect

Cognition

journal homepage: www.elsevier.com/locate/COGNIT

How does the interaction between spelling and motor processes build up during writing acquisition?  CrossMark

Sonia Kandel ^{a,b,c,*}, Cyril Perret ^d

^a Univ. Grenoble Alpes, LPNC (CNRS UMR 5105) – BP 47, 38040 Grenoble Cedex 9, France
^b Institut Universitaire de France, 103 bd Saint Michel, 75005 Paris, France
^c Univ. Grenoble Alpes, GIPSA-LAB (CNRS UMR 5216), Dept. Parole & Cognition, Grenoble, France
^d Univ. de Poitiers, CeReCA (CNRS UMR 7295), F-8600 Poitiers, France

ARTICLE INFO

Article history:
Received 7 January 2014
Revised 14 November 2014
Accepted 17 November 2014

Keywords:
Handwriting
Spelling
Motor production
Children
Cascade

ABSTRACT

How do we recall a word's spelling? How do we produce the movements to form the letters of a word? Writing involves several processing levels. Surprisingly, researchers have focused either on spelling or motor production. However, these processes interact and cannot be studied separately. Spelling processes cascade into movement production. For example, in French, producing letters PAR in the orthographically irregular word PARFUM (perfume) delays motor production with respect to the same letters in the regular word PARDON (pardon). Orthographic regularity refers to the possibility of spelling a word correctly by applying the most frequent sound-letter conversion rules. The present study examined how the interaction between spelling and motor processing builds up during writing acquisition. French 8–10 year old children participated in the experiment. This is the age handwriting skills start to become automatic. The children wrote regular and irregular words that could be frequent or infrequent. They wrote on a digitizer so we could collect data on latency, movement duration and fluency. The results revealed that the interaction between spelling and motor processing was present already at age 8. It became more adult-like at ages 9 and 10. Before starting to write, processing irregular words took longer than regular words. This processing load spread into movement production. It increased writing duration and rendered the movements more dysfluent.

Age 8 (non automated writing):

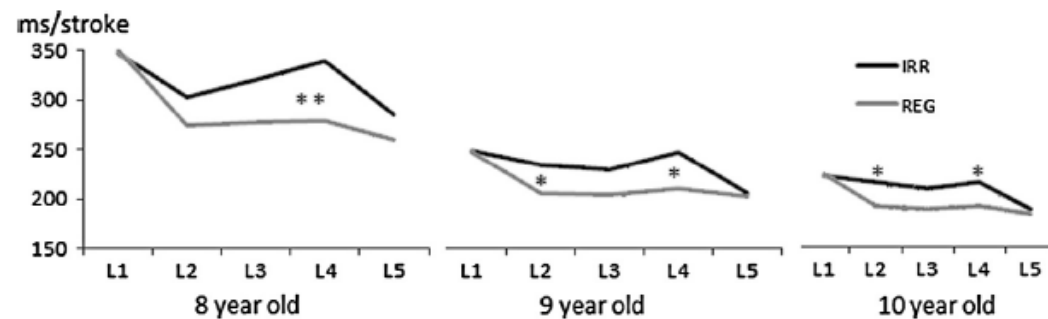
- the interaction between spelling and motor processes should be quite limited.
- Most grapho-motor gestures require extreme control and close sensory guidance = Motor control is cognitively very demanding.

Around age10 (automated writing):

- With practice → progressive learning of sensory-motor maps, stored in LTM.
- This facilitates their access and activation and limits the use of sensory feedback.

Theoretical frame

Results:



Age modulated the interaction between orthographic regularity and letter position:

- Latency and duration values were higher at age 8.

At age 8:

- Strong regularity effect on latencies
- Spelling regularity did not affect the kinematics of the movements that produced the initial letters.

→ Most of the orthographic conflict were solved before starting to write

- Spelling-motor interaction present at age 8 and became more adult-like at ages 9 and 10.
- This effect are amplificated in dyslexic/dysgraphic children (Kandel and Perret 2017)

Variabilité anatomique et fonctionnelle de PMd au cours de l'écriture

Comparaison adultes / enfants (8-11 ans)

Un centre cérébral de l'écriture

Exner (1881) : Décrit 4 cas d'agraphie, suite à des lésions à la jonction entre le gyrus frontal médian et le gyrus précentral.

-> Il apporte ainsi l'idée de l'existence d'un « **centre de l'écriture** »

Idée soutenue par observations de patients agraphiques avec lésion frontales.

(Aimard et al., 1975; Anderson et al., 1990; Gordinier, 1899; Hodges, 1991; Mahoudeau et al., 1951; Ohno et al., 2000; Sakurai et al., 1997)

Roux et al. (2009) : Stimulation de cette aire = agraphie

Une aire impliquée dans la sélection des allographes ?

//VIDEO//



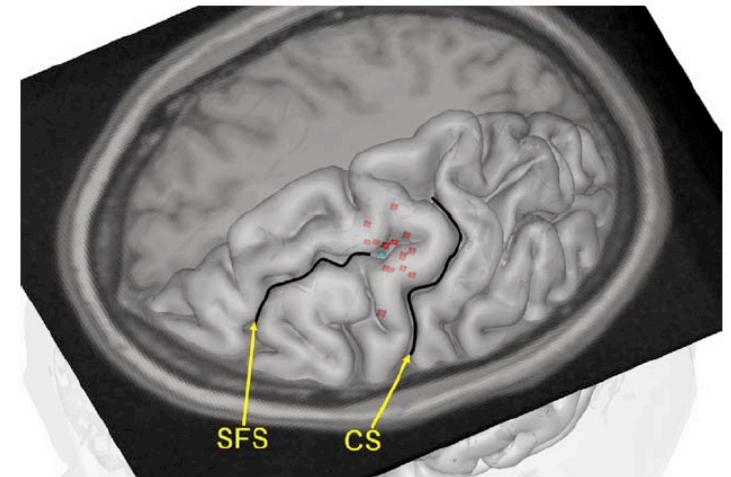
L'aire « d'Exner » ?

Localisation :

- Les positions des lésions des patients d'Exner n'étaient pas homogènes (Roux 2010) «*only one case had an isolated lesion of the posterior part of the middle frontal gyrus*»
- Les études de neuroimagerie en révèlent une localisation variable le long du gyrus précentral
- Coordonnées issues de la méta-analyse de **Planton (2013)** : X = -22 ; y= -8 ; z= 54

Fonction :

- Aucun des 4 patients d'Exner ne présentait d'agraphie pure selon Roux et al. (2010)
- **Roux et al. (2009)** : L' « aire d'Exner » serait en fait une interface entre les représentations orthographiques et motrices spécifiques à l'écriture.
 - > GMFA (Graphemic/Motor frontal area)
- + Hypothèses quant au pattern de latéralisation fonctionnelle de PMd (Planton 2017)



Cortex Prémoteur Dorsal (PMd)

Chez l'humain distinction PMd/PMv : étude de Tommasini et al., J. Nsci 2007

PMd aurait des connexions plus probables* avec le lobule pariétal supérieur, le cortex préfrontal dorsal, et le cortex cingulaire.

PMv -> lobule pariétal antérieur inférieur, cortex préfrontal ventral.

Distinction PMd / FEF (Amiez et al., 2006)

L'activité pour une tâche visuomotrice est plus dorsocaudale que celle pour une tâche de saccades oculaires.

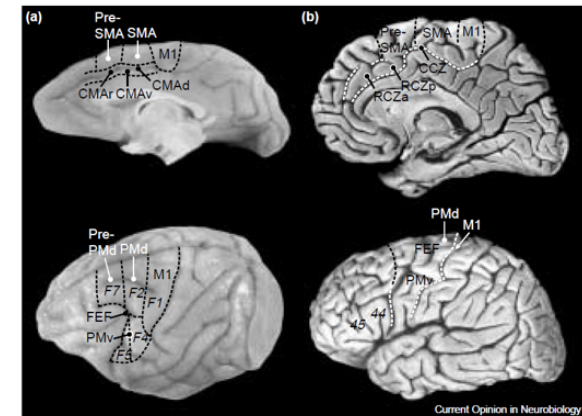
Les localisations d'activité peuvent être prédites par le pattern morphologique

Distinction PMd /prePMd (Picard et Strick, 2001)

PMd (ou F2 chez le macaque) se distingue d'une région plus frontale : « Pre-PMd » (F7)

PMd caudal : Projections vers le cortex moteur primaire et directes vers ME. Pas de connexion avec le cortex préfrontal. Les neurones sont impliqués dans des aspects de contrôle moteur

PMd rostral : Pas de projections vers le cortex moteur primaire ou la moelle. Interconnecté avec des aires préfrontales et la formation réticulée. Pas de connexions substantielles avec le PMd caudal. Il serait plus impliqué dans des *processus cognitifs* que moteurs.



Cortex Prémoteur Dorsal (PMd)

Hétérogénéité fonctionnelle de PMd (Hanakawa, 2011; Genon 2016)

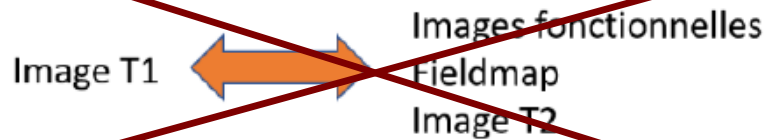
PMd est impliqué dans une variété de fonctions motrices et cognitives (attention visuelle, mémoire de travail, apprentissage moteur...)

Un *gateway* entre les réseaux moteurs et les réseaux cognitifs ?

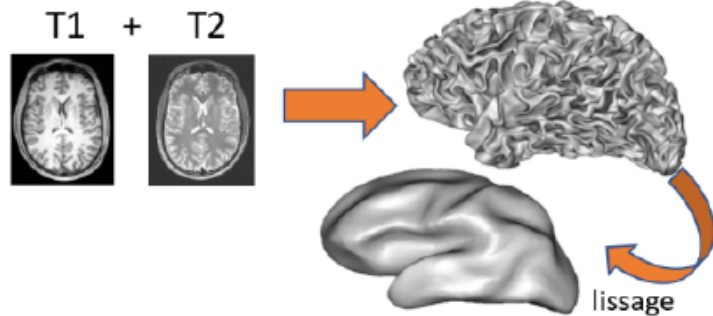
-> Il y aurait 5 sous-régions de PMd avec des profils fonctionnels différents

→ Intérêt des analyses individuelles pour définir une localisation précise dans l'axe antéro-postérieur

A

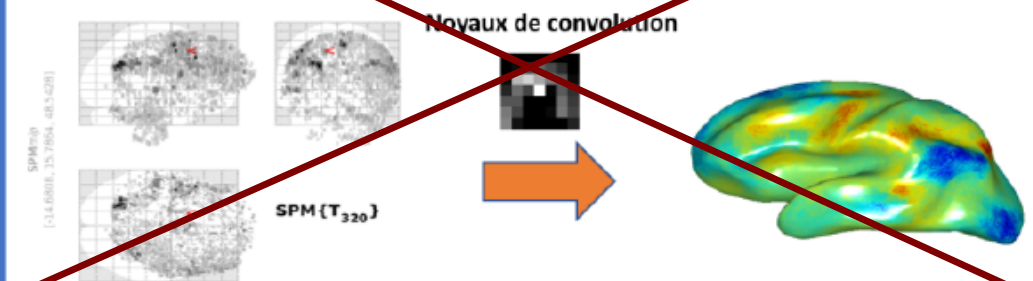
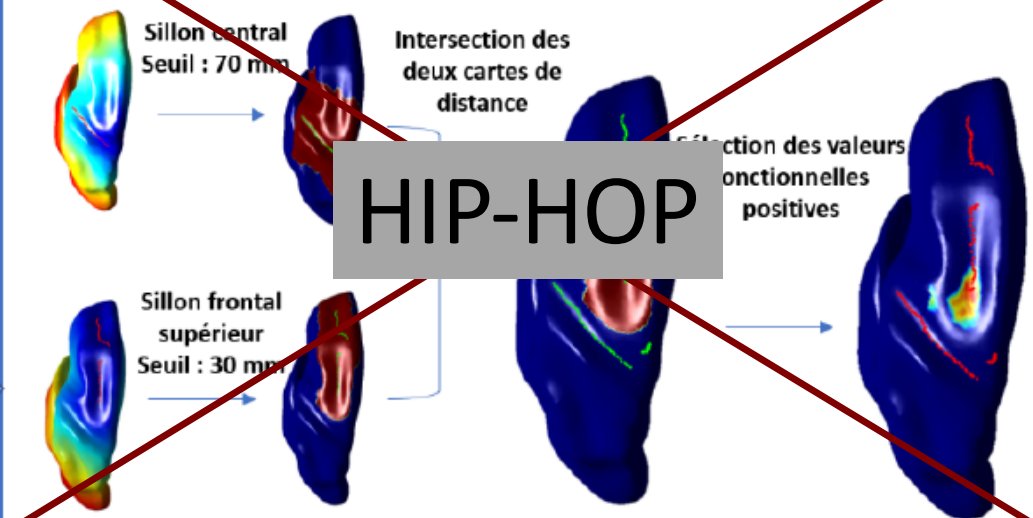
Etape 1 : Pré-traitements des données**1) Coregistration****2) Correction des mouvements et des inhomogénéités du champ magnétique****Etape 2 : Analyse statistique de premier rang**

→ ~~Contraste lettres moins boucles~~ → Carte t
Calcul du contraste sur la surface

Etape 3 : Reconstitution tridimensionnelle de l'interface matière grise – matière blanche

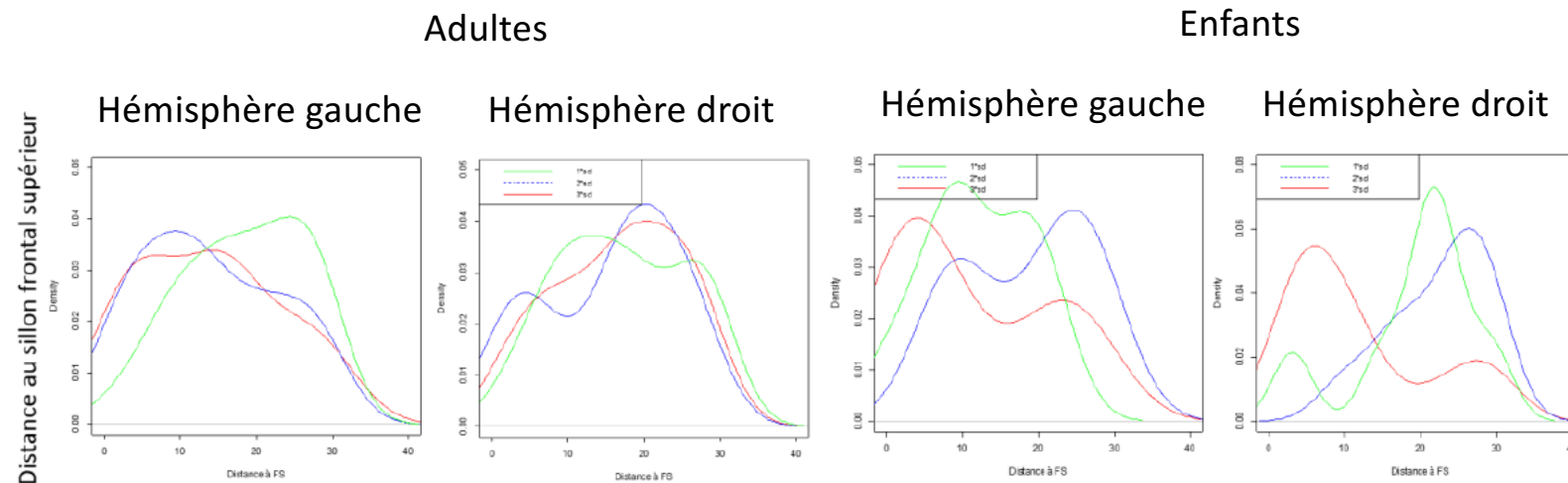
C

BrainVISA

Etape 4 : Projection des cartes t de SPM sur la surface tridimensionnelle gonflée**Etape 5 : Délimitation de la zone d'intérêt à partir de la projection sur la surface des sillons**

Courbes de densité de la distance au sillon central

Distribution moins homogène des pics d'activité chez les enfants

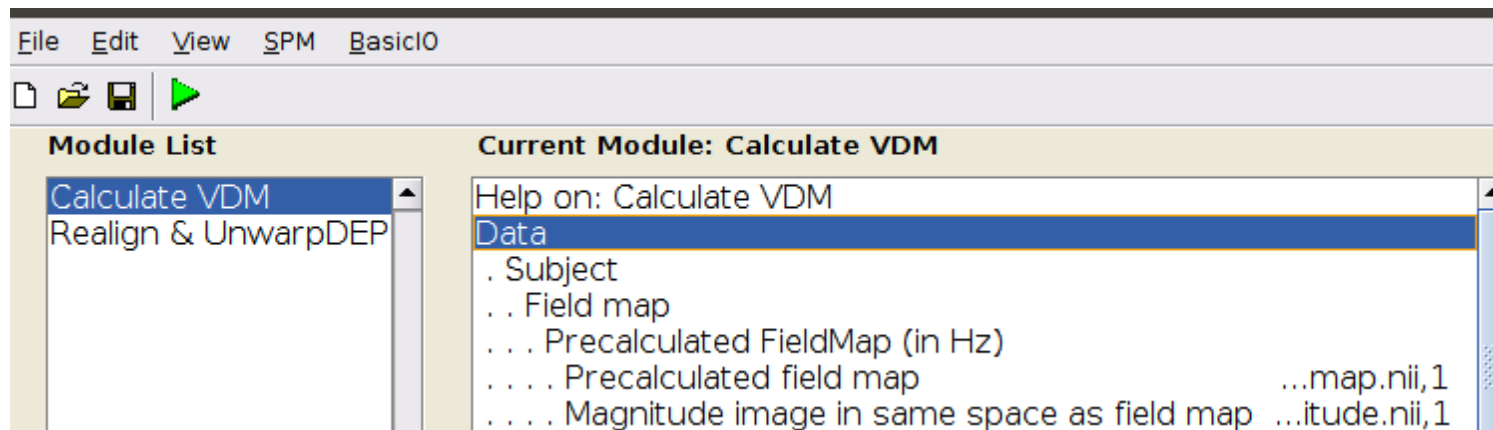


phère droit (2^{ème} et 4^{ème} colonne). Les couleurs des courbes représentent le groupe de valeurs d'activation fonctionnelle (ET1 en vert, ET2 en bleu et ET3, en rouge).

Nos 3 types de données

- 65 Sujets : Adultes /Enfants (8-11 ans)
- Tests d'écriture et de lecture préalables : Graphomotricité (BHK), dictée, Alouette -> *données démographiques*
- *données neuroimagerie (T1, T2, func* Tâche d'écriture : lettres/boucles/jours)
- Tablette amagnétique placée sur le ventre des sujets pendant la session -> *données sur la cinématique de l'écriture*

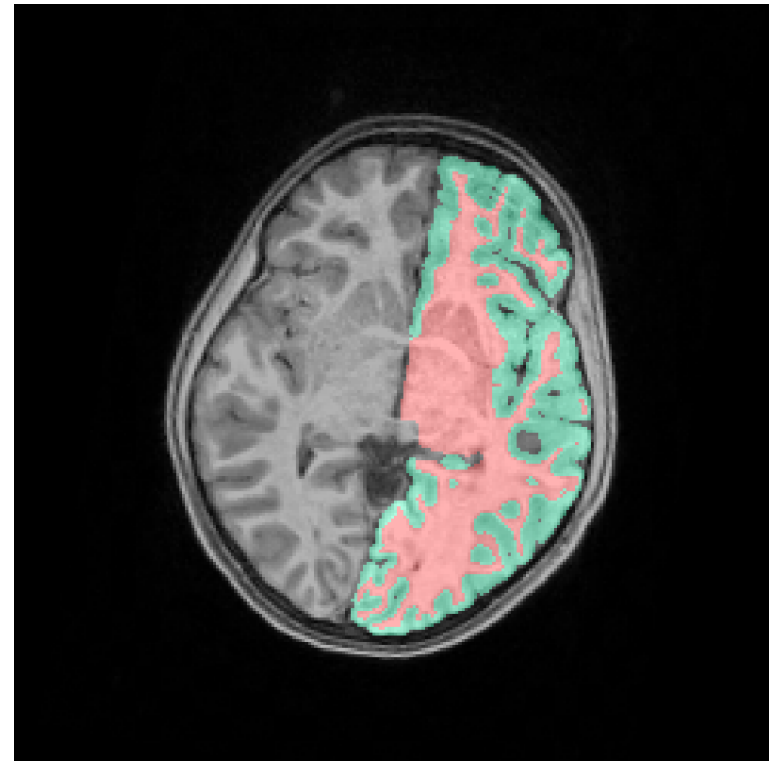
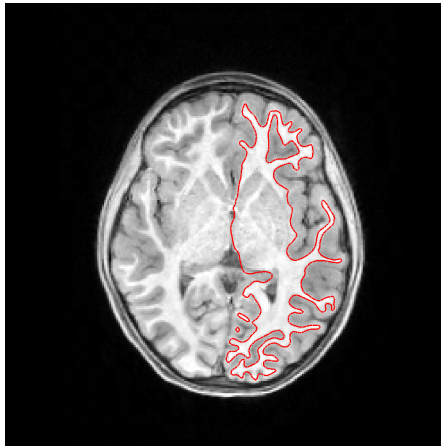
Pré-traitement des données fonctionnelles



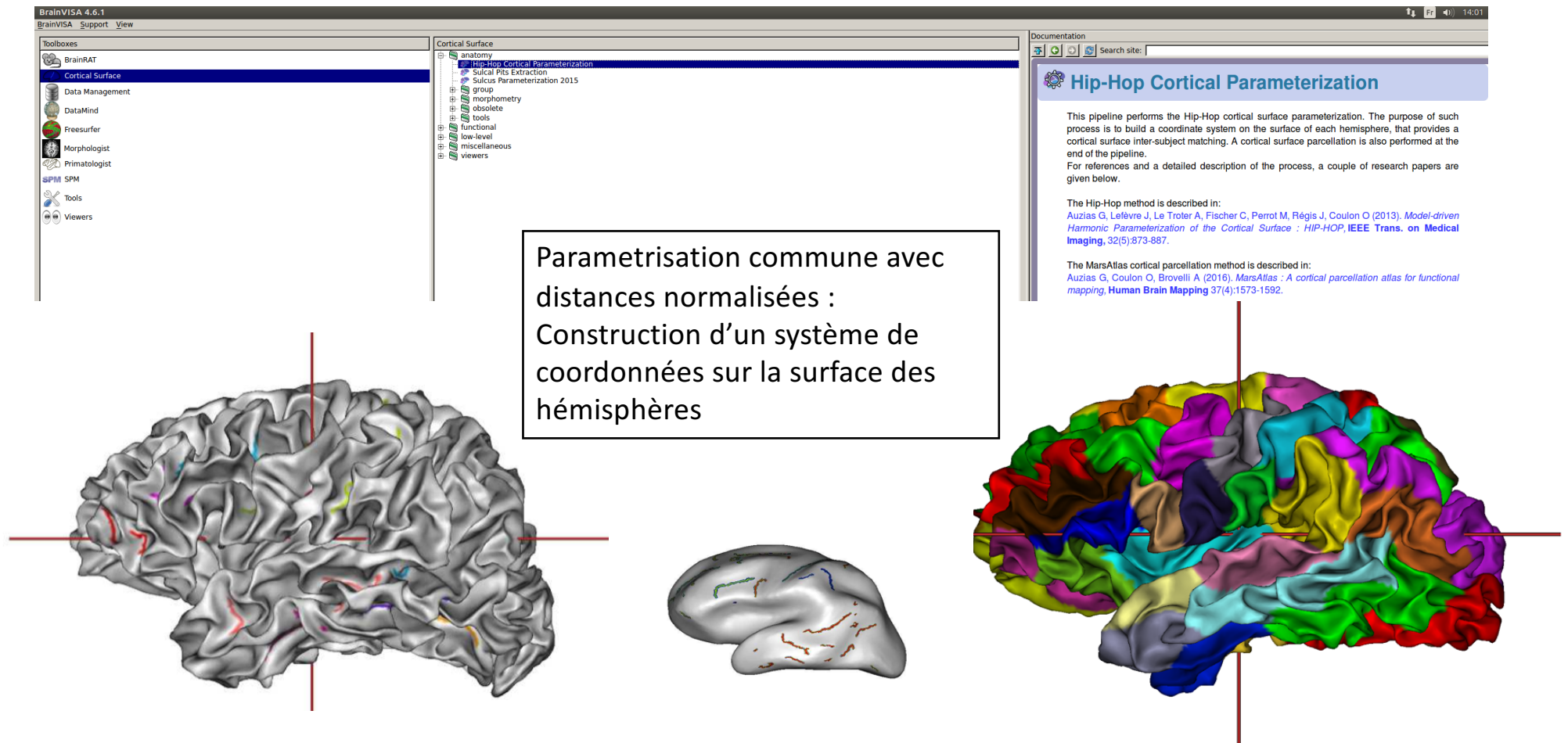
- SPM12
- Realign and Unwarp
 - > Correction des inhomogénéités du champ et des mouvements

T1 + T2: FreeSurfer

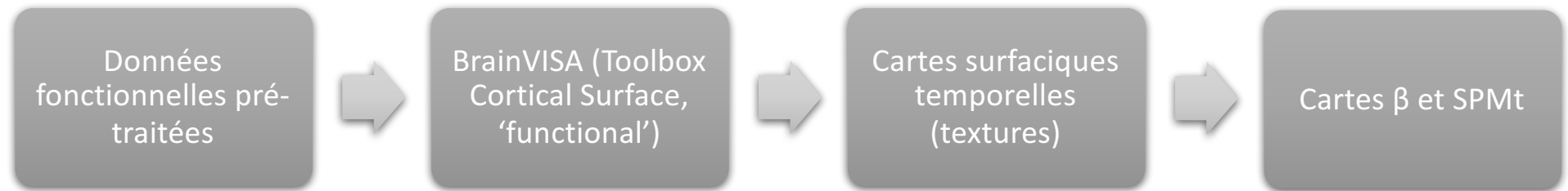
- Grey/white matter segmentation
- Contrôle qualité avec Morphologist



Hip-Hop pipeline : cortical parametrization



Surface-based functional data



Conversion volumes -> surfaces, projection des données IRMf sur la surface corticale.

Calcul et application de transformation -> Recalage de l'image anatomique sur les données fonctionnelles

Hypothèses sur les différences adultes/enfants

- **Organisation antéro-postérieure**

Activations placées plus antérieurement chez les enfants

-> Lien avec l'anatomie ?

- **Focalisation de l'activité**

Activations « moins homogènes » chez les enfants que chez les adultes

-> indice de focalisation ?

-> Témoin d'une augmentation de l'efficacité, de l'expertise ?

-> Lien avec la performance ?

- **Variabilité inter-individuelle importante chez les enfants**

Variabilité spatiale, plus de maxima d'activation chez les enfants

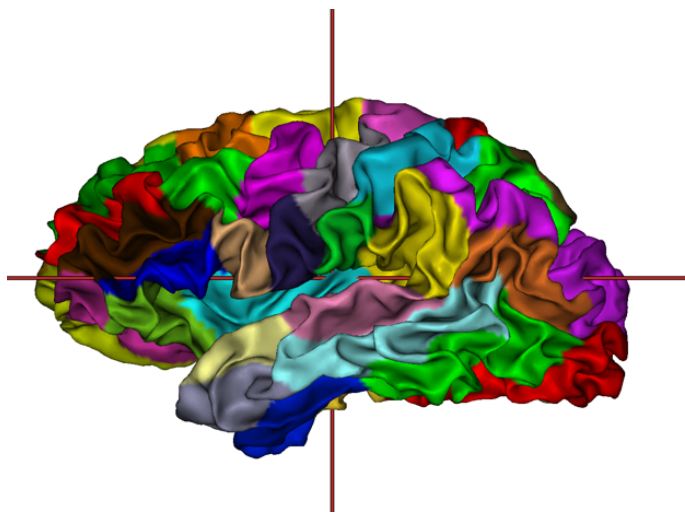
-> comment la caractériser ?

-> Lien avec les capacités d'écriture, l'entraînement, la maturation du réseau.

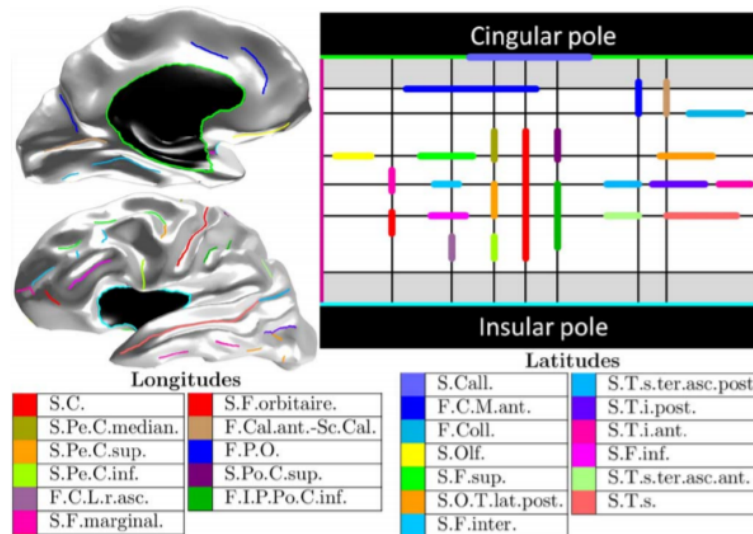
-> une « normalisation » en lien avec la focalisation de l'activité?

Représentation bidimensionnelle dans le référentiel des sillons

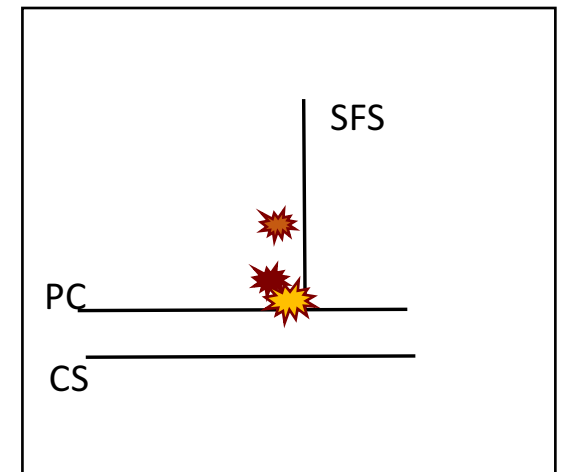
Extraction de sous parties corticales, aplatissement pour pouvoir travailler sur rectangle -> stats sur coordonnées

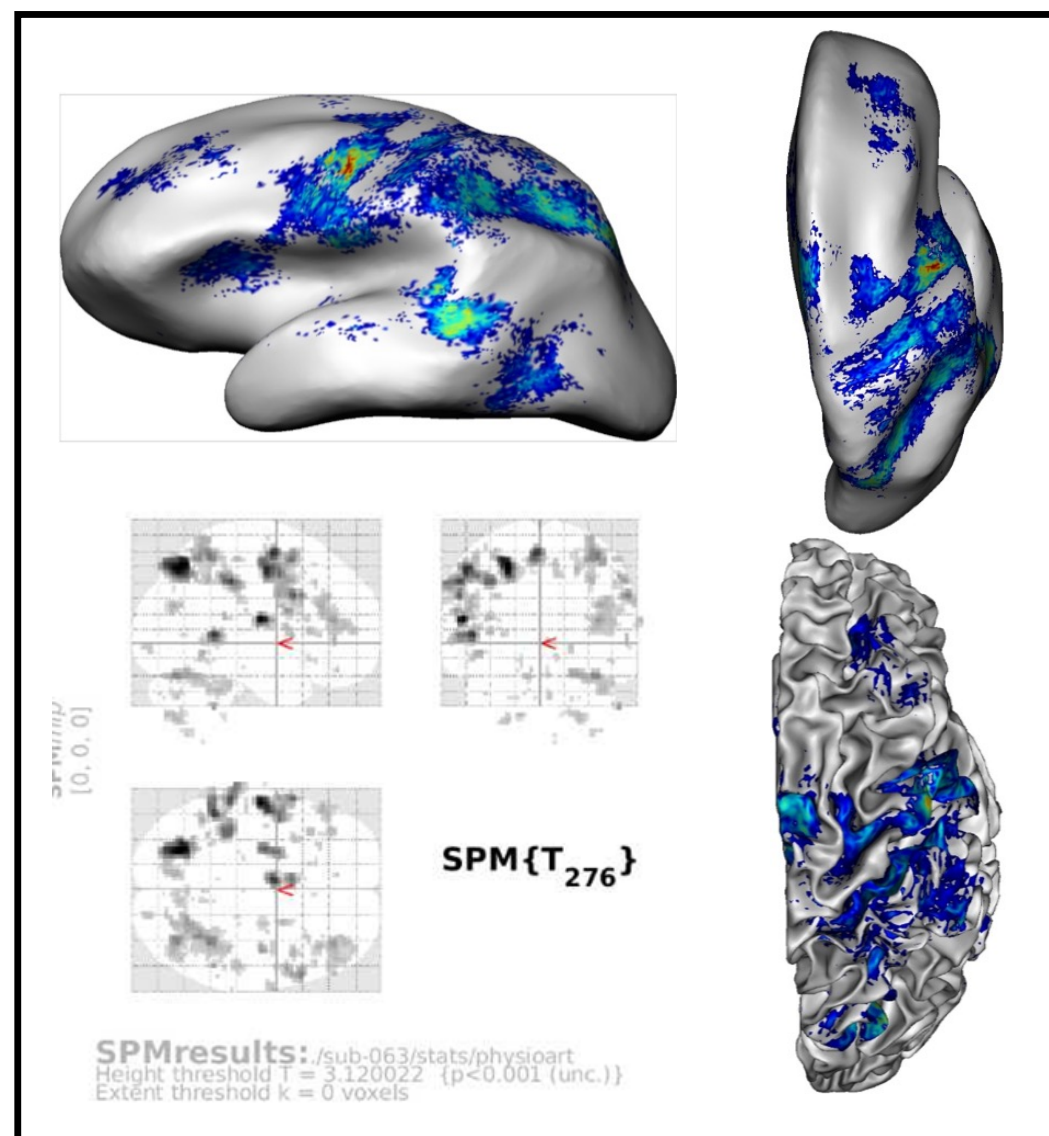
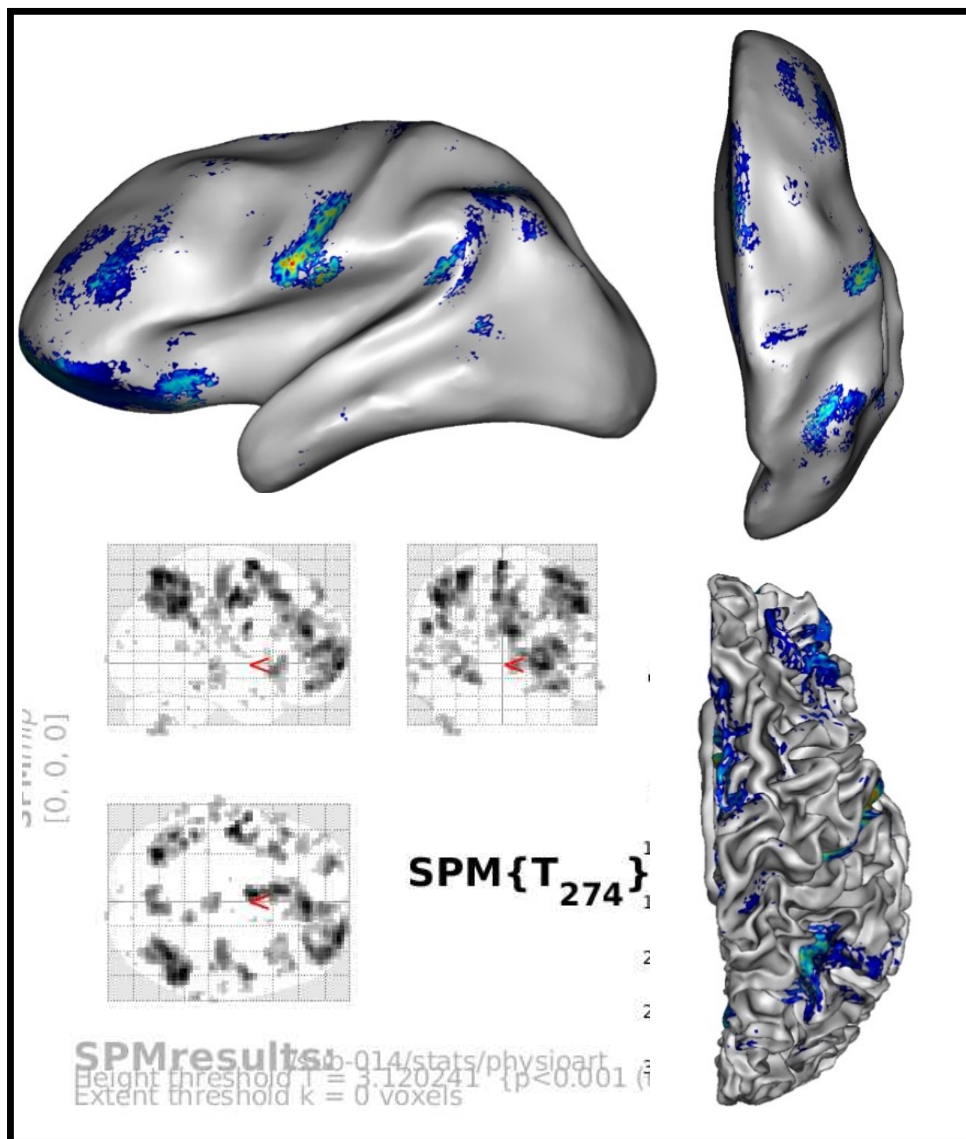


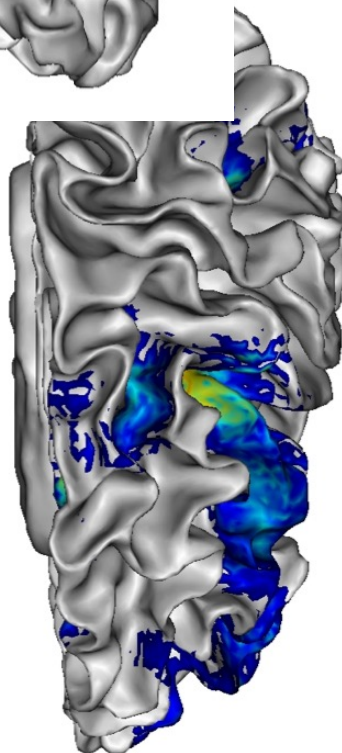
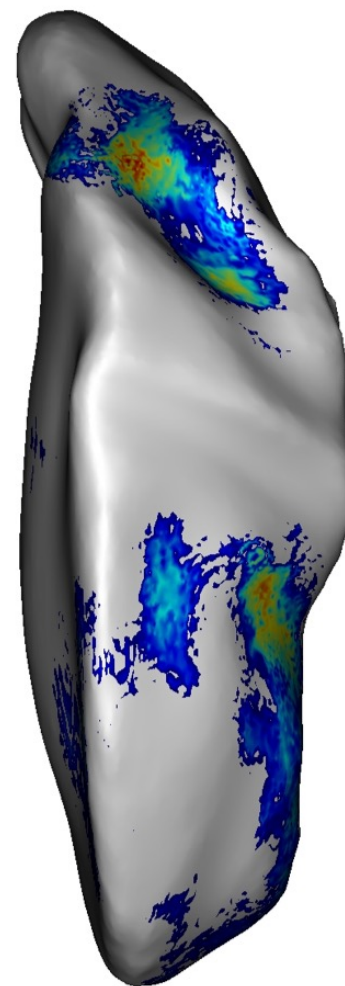
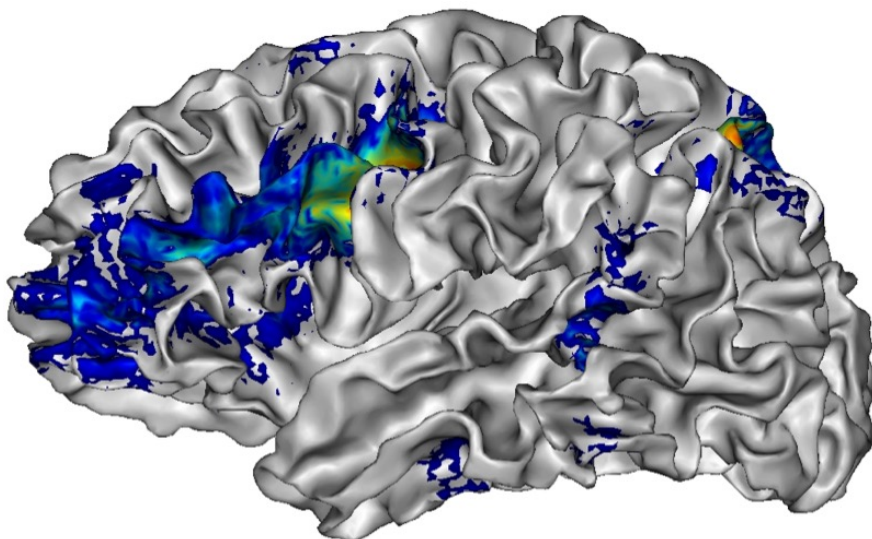
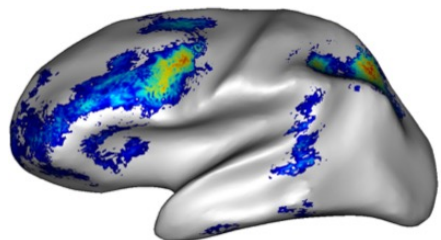
Cortical parcellation
avec MarsAtlas (HipHop pipeline)



Auzias G, Lefèvre J, Le Troter A, Fischer C, Perrot M, Régis J, Coulon O (2013). Model-driven Harmonic Parameterization of the Cortical Surface: HIP-HOP, *IEEE Trans Med Imaging*, 32(5):873-887.

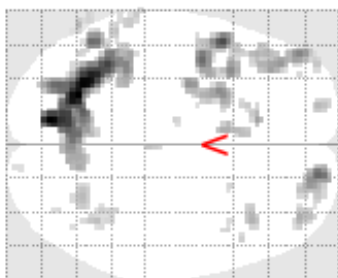
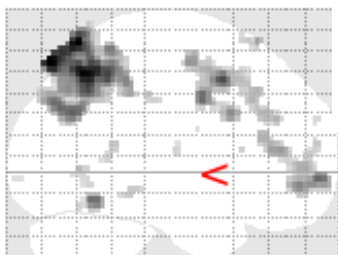






SPM{ T_{276} }

[0, 0, 0]



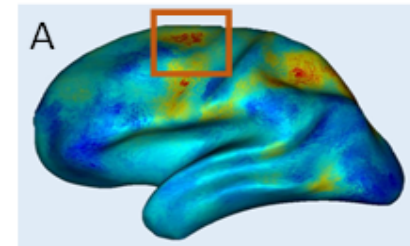
SPM{ T_{276} }

SPMresults: s-013/stats/physioart
Height threshold $T = 3.120022$ ($p < 0.001$)
Extent threshold $k = 0$ voxels

- Amiez, C., Kostopoulos, P., Champod, AS., Petrides, M. (2006). Local Morphology Predicts Functional Organization of the Dorsal Premotor Region in the Human Brain, *J. Neurosci.*, 26(10):2724–2731
- Auzias G, Lefèvre J, Le Troter A, Fischer C, Perrot M, Régis J, Coulon O (2013). Model-driven Harmonic Parameterization of the Cortical Surface: HIP-HOP, *IEEE Trans Med Imaging*, 32(5):873-887.
- Cachia, A., Roell, M., Mangin, JF. et al. 2017. How interindividual differences in brain anatomy shape reading accuracy. *Brain Struct Funct* 223: 701.
- Exner, S. (1881). Untersuchungen über die Localisation der Functionen in der Grosshirnrinde des Menschen. Braumüller.
- Genon S, Li H, Fan L, Muller VI, Cieslik EC, Hoffstaedter F, Reid AT, Langner R, Grefkes C, Fox PT, Moebus S, Caspers S, Amunts K, Jiang T, Eickhoff SB. 2016. The Right Dorsal Premotor Mosaic: Organization, Functions, and Connectivity. *Cereb Cortex*.
- Hanakawa T. 2011. Rostral premotor cortex as a gateway between motor and cognitive networks. *Neuroscience research* 70:144-154S.
- Picard N, Strick PL, 2001. Imaging the premotor areas. *Curr Opin Neurobiol* 11:663–672
- Planton, S., Jucla, M., Roux, F.-E., & Démonet, J.-F. (2013). The “handwriting brain”: A meta-analysis of neuroimaging studies of motor versus orthographic processes. *Cortex*, 49(10), 2772–2787.
- Planton, S., Longcamp, M., Péran, P., Démonet, J.-F., & Jucla, M. (2017). How specialized are writing-specific brain regions? An fMRI study of writing, drawing and oral spelling. *Cortex*, 88, 66–80.
- Roux, F. E., Draper, L., Köpke, B., & Démonet, J. F. (2010). Who actually read Exner? Returning to the source of the frontal “writing centre” hypothesis. *Cortex*, 46(9), 1204-1210.
- Roux, F.-E., Dufor, O., Giussani, C., Wamain, Y., Draper, L., Longcamp, M., & Démonet, J.-F. (2009). The graphemic/motor frontal area Exner’s area revisited: Graphemic/Motor Frontal Area. *Annals of Neurology*, 66(4), 537–545.
- Sun Z. Y et al., 2016. Linking morphological and functional variability in hand movement and silent reading, *Brain Structure and Function*, 221 (7), 3361-3371
- Tomassini et al., 2007. Diffusion-Weighted Imaging Tractography-Based Parcellation of the Human Lateral Premotor Cortex Identifies Dorsal and Ventral Subregions with Anatomical and Functional Specializations. *J. Neurosci.*, 27(38):10259–10269

Localiser PMd dans l'écriture: le travail de Marion LE MAO

- Ce travail visait à préciser, par analyse sur l'anatomie individuelle, la localisation de l'activation de PMd pendant l'écriture chez l'adulte et l'enfant (8-11 ans)
- Reconstruction tridimensionnelle du cerveau
 - > Labélisation des sillons
 - > Ciblage de PMd
- Localisation de maxima fonctionnels locaux : La majorité des maxima se trouvait sur le gyrus précentral, à quelques mm de la pointe du sillon frontal supérieur.
- Afin d'étudier la position des maxima locaux localisés dans la zone d'intérêt, calculs de distance entre les maxima fonctionnels et les sillons SC et SFS



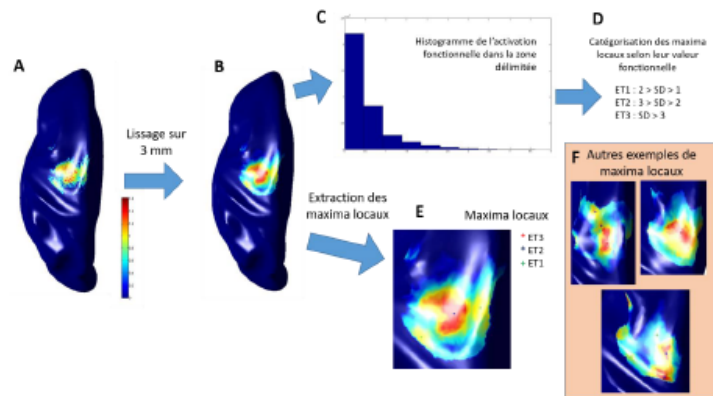


Figure 3 : Etapes menant à l'extraction des maxima locaux dans la zone frontale délimitée

A-B) Représentation tridimensionnelle de l'hémisphère gauche d'un sujet adulte avec la projection de la carte d'activation fonctionnelle filtrée précédemment avec (B) et sans (A) lissage de la carte (valeurs positives se trouvant dans la zone délimitée).

C-D) Histogramme de l'activation fonctionnelle affichée en A (C) à partir duquel il a été choisi de diviser les maxima locaux en trois catégories : ET1 (pour les maxima entre 1 et 2 écart-types), ET2 (pour les maxima entre 2 et 3 écart-types) et ET3 (pour les maxima supérieurs à 3 écart-types).

E) Zoom de la zone délimitée lissée avec un marquage des maxima locaux. Une croix verte correspond aux maxima ET1, un astérisque bleu aux maxima ET2 et un astérisque rouge aux maxima ET3.

F) D'autres exemples de maxima locaux pour l'hémisphère gauche de sujets adultes.

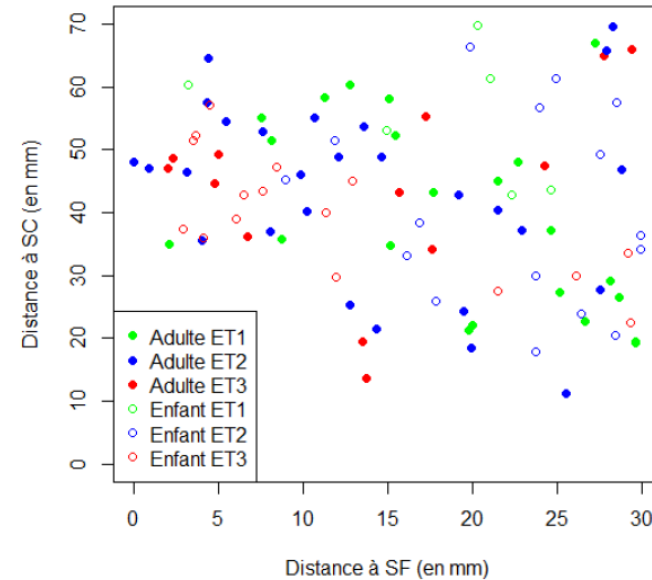


Figure 7 : Graphique de la distance des maxima locaux aux sillons central et frontal supérieur en fonction de leur groupe d'activation.

Projection des maxima locaux selon leur distance au sillon central CS (en ordonnées) et leur distance au sillon frontal supérieur FS (en abscisses). On différencie les deux groupes : adulte (en rond plein) et enfant (en cercle) ; ainsi que les groupes d'activation ET1 (en rouge).

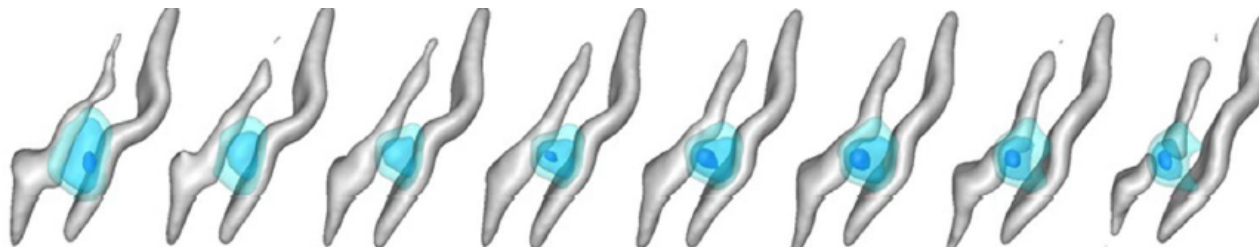
Sun Z. Y et al., 2016. Linking morphological and functional variability in hand movement and silent reading, *Brain Structure and Function*

Prédire la localisation des activations fonctionnelles induites par un mouvement de la main ou la lecture, en utilisant les plissements corticaux (CS, PCS, STS).

-> Utilisation de **Isomap** pour palier la grande variabilité morphologique

Lien entre la forme du sillon central gauche (« hand knob ») et la localisation de l'aire précentrale de la lecture

« as the location of the hand knob moves more or less dorsally along the central sulcus, the motor hand activation moves accordingly. Furthermore, the size of the left hand activation in the right hemisphere is correlated with the knob location in the central sulcus »



Bottom row the local average t-maps of reading activation (blue) is plot onto the variability trait of the precentral sulcus. The average activation is plot with three different thresholds: $T = 2, 2.5$ and 3 , to illustrate the evolution in the magnitude and location of the activation. It can be observed that the activation is moving from the central sulcus bank at the left of the Isomap to the interruption of the precentral sulcus appearing at the right of the Isomap. The activations at the two extremities shown in the middle row are superimposed to facilitate the comparison of magnitude and location

Cachia, A et al. 2017. How interindividual differences in brain anatomy shape reading accuracy.

Brain Struct Funct

Chez les lecteurs experts, la lecture implique un réseau cérébral dont fait partie le sulcus occipito-temporal latéral gauche (OTS), aussi appelé “*visual word form area*” (VWFA) (Cohen and Dehaene 2004). Cette aire s’active préférentiellement en réponse à la présentation de mots.(Dehaene and Cohen 2011).

-> La configuration des plissements d’OTS peut-elle prédire les capacités de lecture chez l’adulte lettré/ex-illettré/illettré ?

-> observation de l’interruption sulcale -> Une interruption, surtout dans la portion postérieure (VWFA) = meilleures capacités de lecture (par rapport au sillon continu)

