



La communication au sein du réseau neural respiratoire

ou

Comment le cerveau commande les muscles respiratoires ?

Laurence Mangin

**Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, CNRS, Université Paris Diderot Paris 7
AP-HP, Hôpital Bichat, Paris, France**

* Intérêts en réanimation ?

- Contribution du réseau neural respiratoire dans certaines insuffisances respiratoires aiguës, implication du réseau lors de décompensations respiratoires de maladies respiratoires chroniques (BPCO) (*Hopkinson et al. Resp Physiol Neurobiol 2004*)
 - Sevrage de la ventilation mécanique, Contrôle de la ventilation mécanique

* La respiration humaine implique des relations complexes entre le réseau neural automatique et volontaire

Comment ces différentes régions communiquent-elles au repos ou lorsque le travail respiratoire est augmenté ? (*Yu et al. Hum Brain Mapp 2016*)

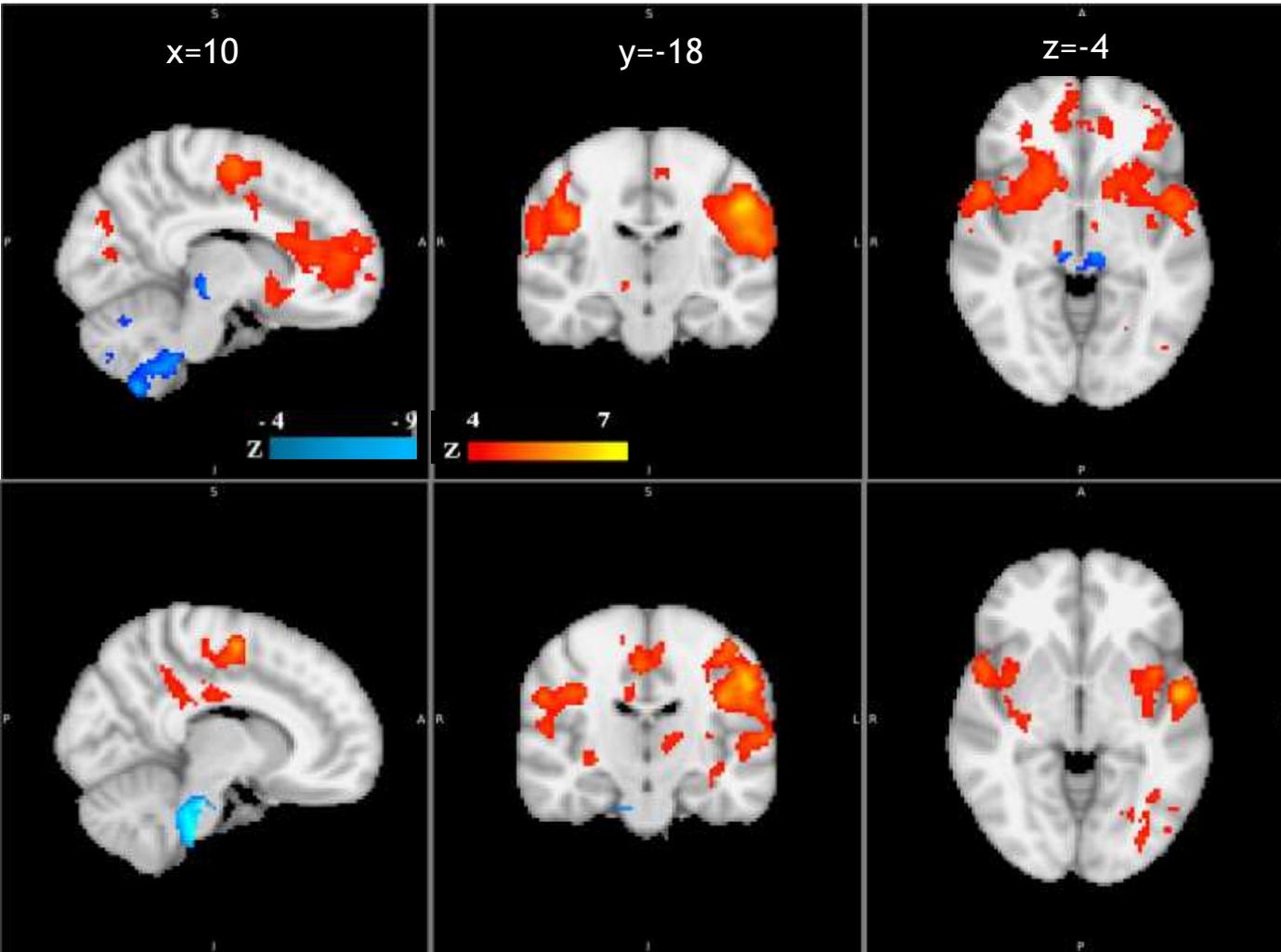
- de manière expérimentale (charge respiratoire résistive)
- ou pathologique (BPCO)

Connectivité fonctionnelle (analyse de corrélation linéaire)

Causalité de Granger (modèle multivarié de prédictabilité linéaire)

Application d'une charge résistive inspiratoire

IRM cérébrale fonctionnelle

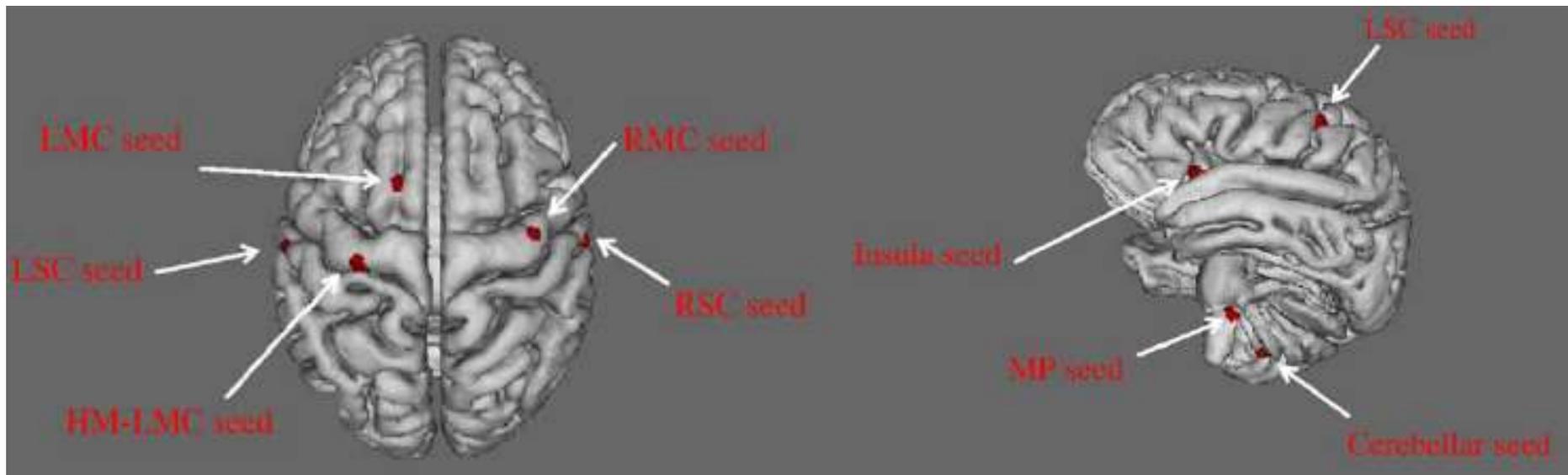
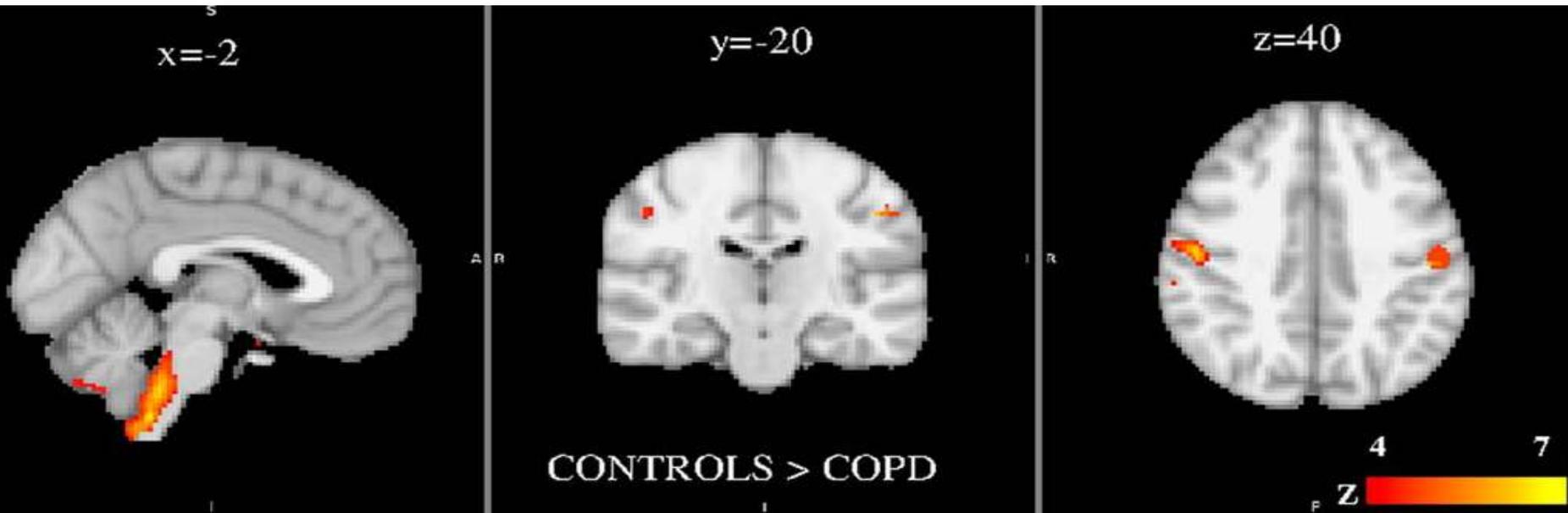


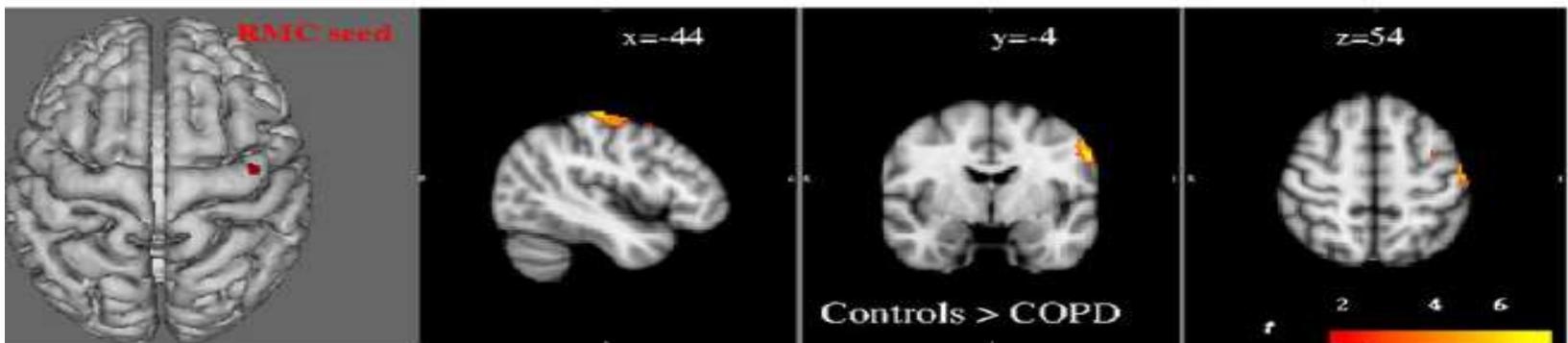
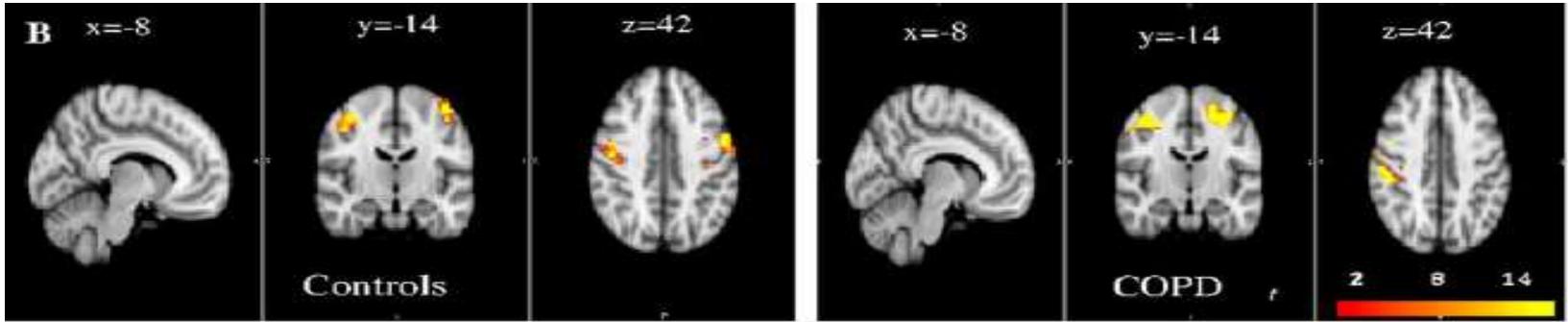
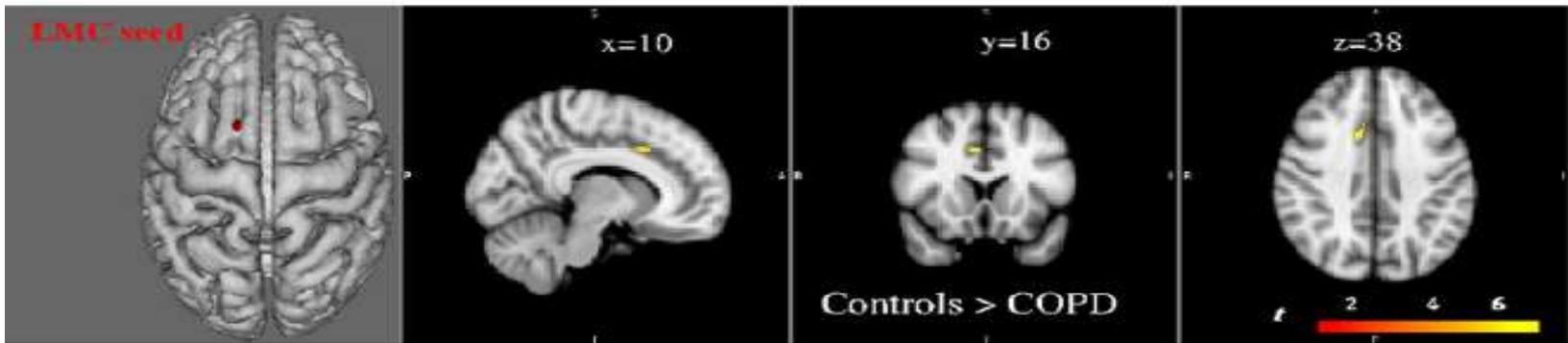
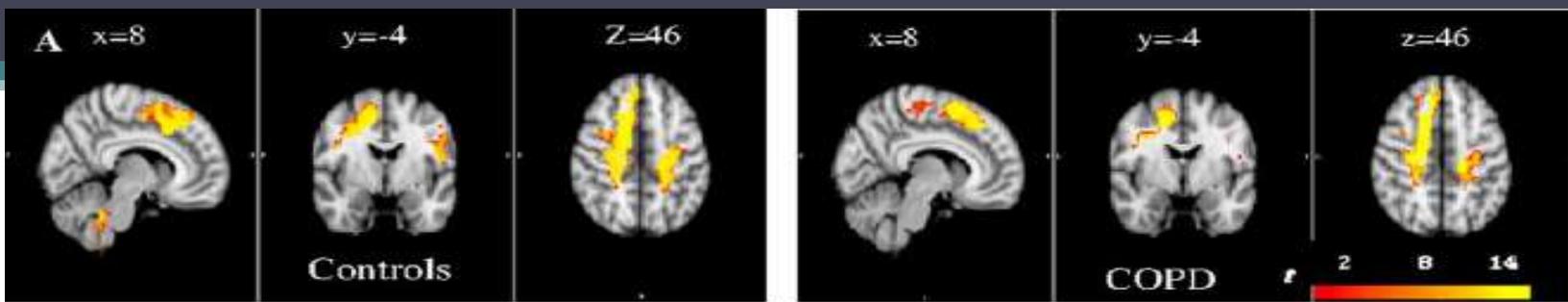
Groupe contrôle

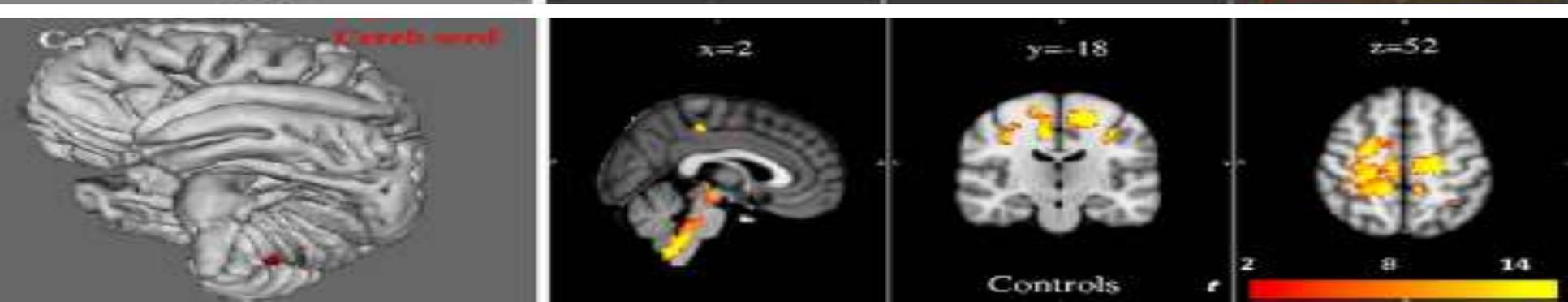
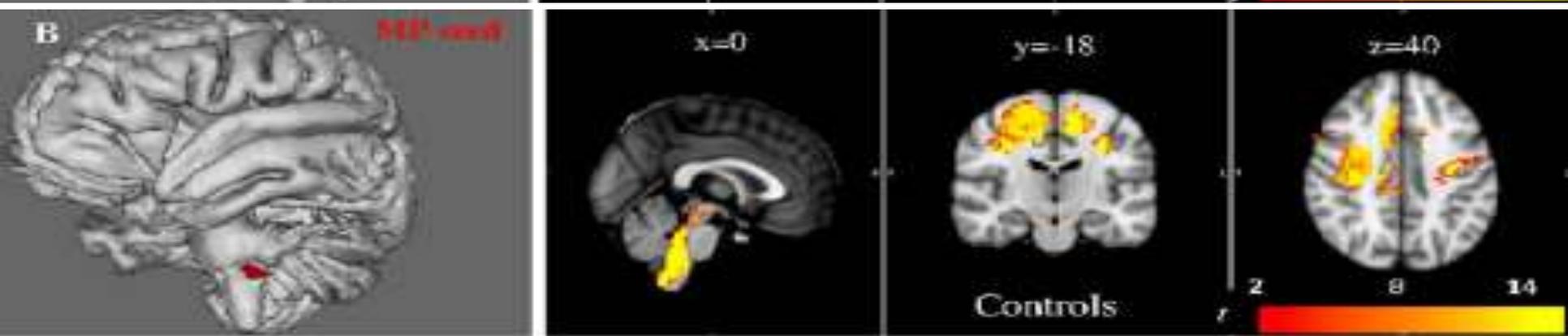
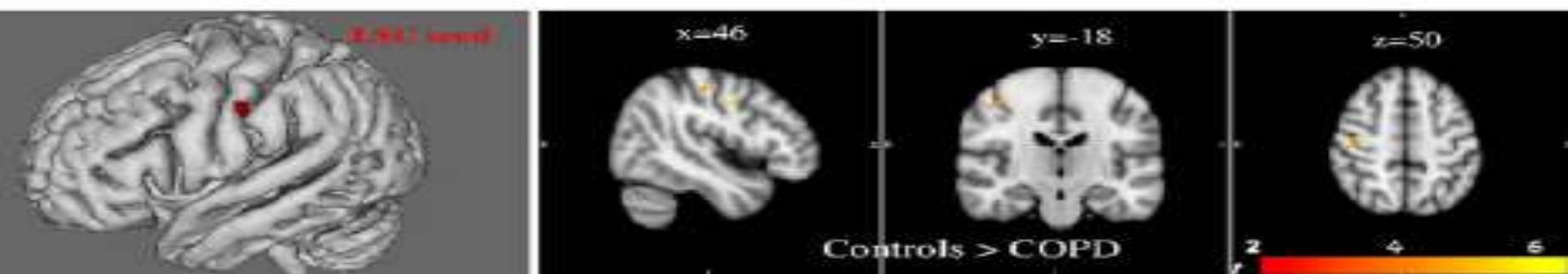
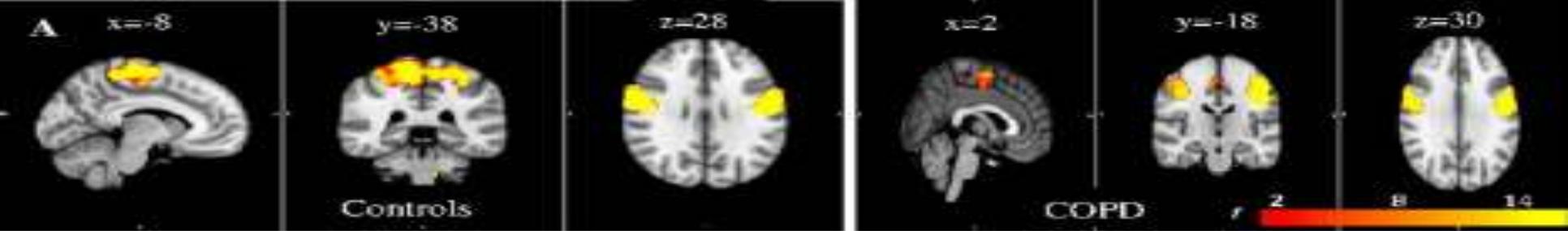
Groupe BPCO

Réseau « émotion »

Régions cérébrales d'intérêts = Contrôles > BPCO







Causalité de Granger

* Modèle autorégressif multivarié linéaire

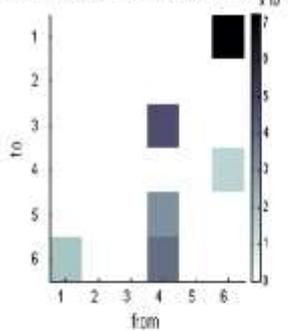
* Selon Granger, X_2 cause X_1 si l'inclusion d'observations passées de X_2 réduit la prédiction de l'erreur de X_1 dans un modèle linéaire régressif de X_1 et X_2 , en comparaison à un modèle n'incluant que des observations passées de X_1

$$X_1(t) = \sum_{j=1}^p A_{11,j} X_1(t-j) + \sum_{j=1}^p A_{12,j} X_2(t-j) + \xi_1(t)$$
$$X_2(t) = \sum_{j=1}^p A_{21,j} X_1(t-j) + \sum_{j=1}^p A_{22,j} X_2(t-j) + \xi_2(t)$$

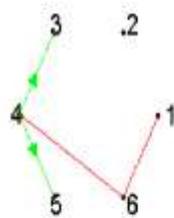
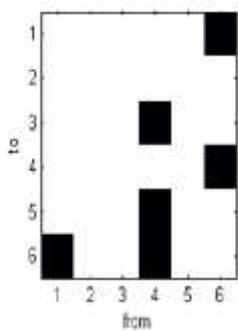
$$\mathcal{F}_{2 \rightarrow 1} = \ln \frac{\text{var}(\xi_{1R(12)})}{\text{var}(\xi_{1U})}$$

* Prédictabilité statistique

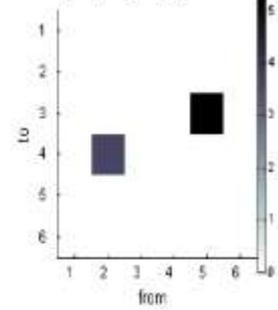
Granger causality control group, $p < 0.05$



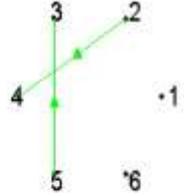
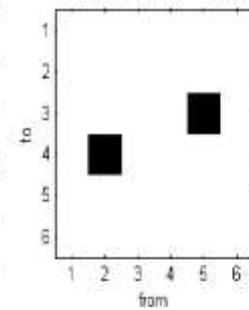
Significant at $p < 0.05$



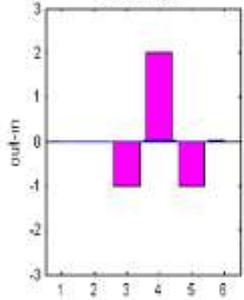
Granger causality copd group, $p < 0.001$



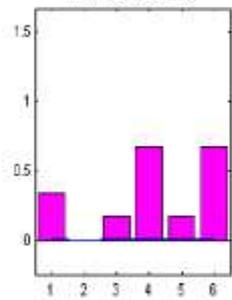
Significant at $p < 0.001$



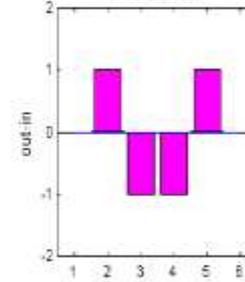
causal flow



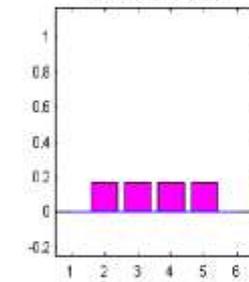
unit causal density



causal flow



unit causal density

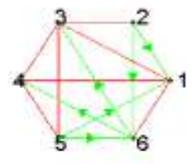
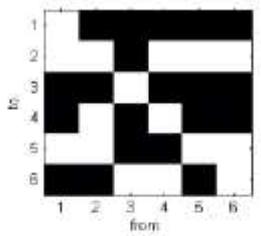
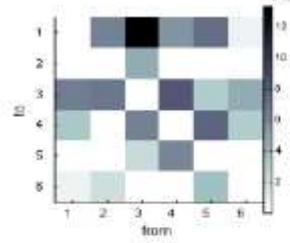


Granger Causality during Resting Breathing

1. INSULA
2. LMC
3. LSC
4. MP
5. RMC
6. RSC

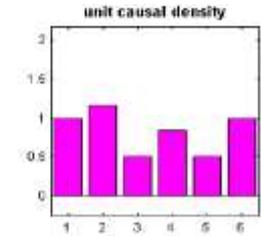
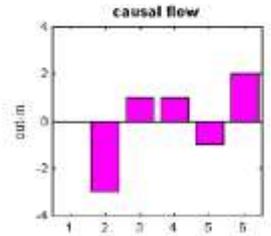
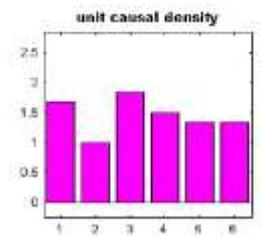
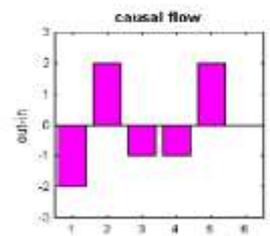
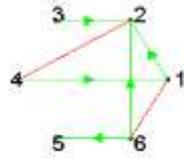
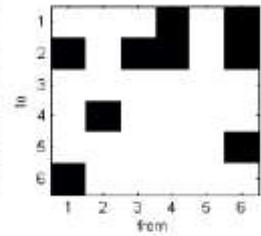
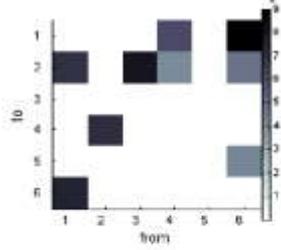
Granger causality control group, $p < 0.05$

Significant at $p < 0.05$



Granger causality copd group, $p < 0.05$

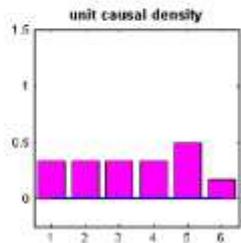
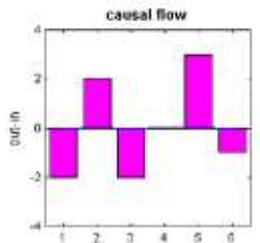
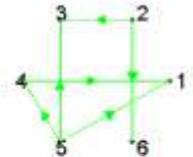
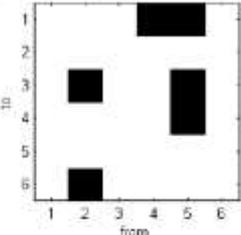
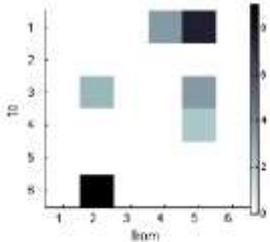
Significant at $p < 0.05$



Granger causality control > copd, $p = 0.05$

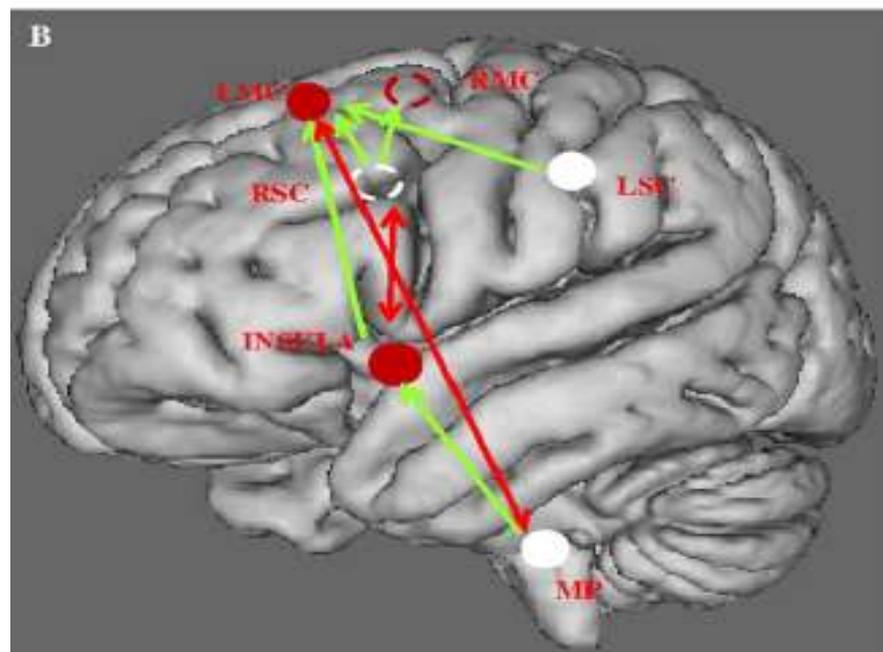
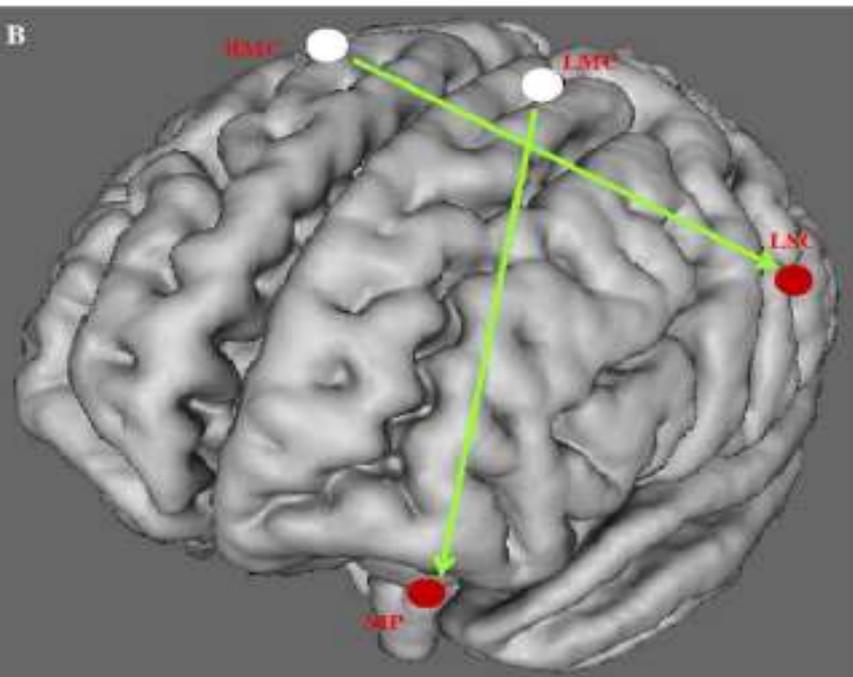
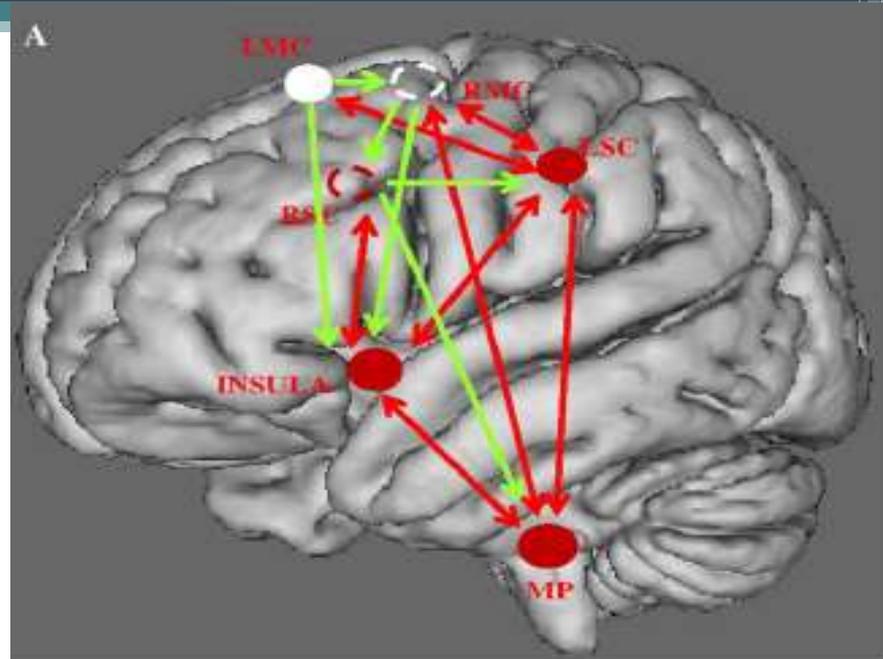
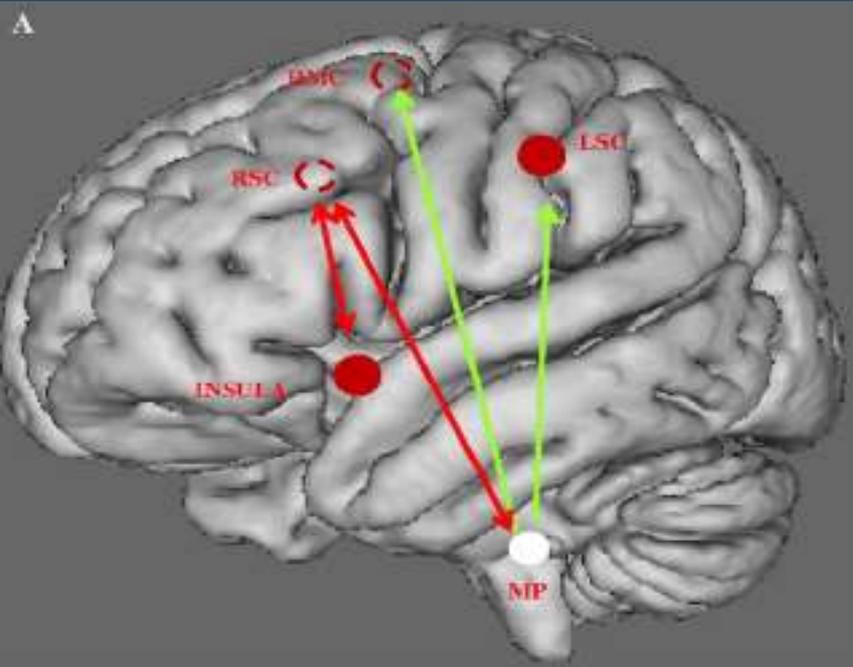
Significant at $p = 0.05$

Granger causality control > copd, $p = 0.05$



1. INSULA
2. LMC
3. LSC
4. MP
5. RMC
6. RSC

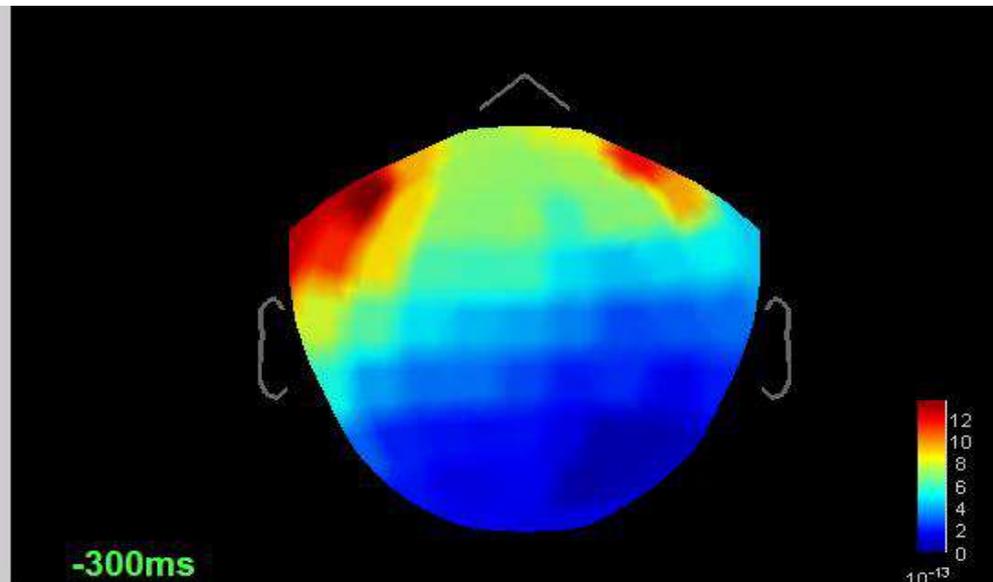
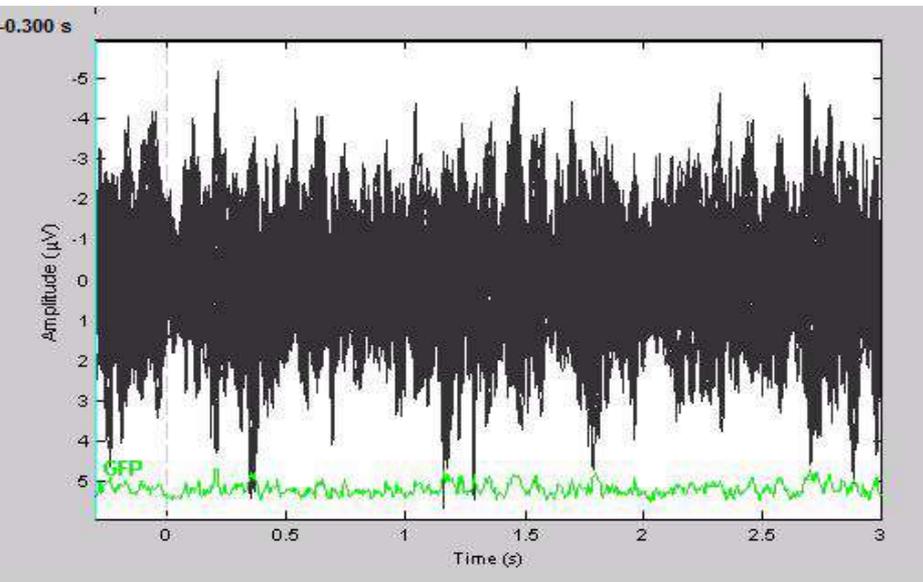
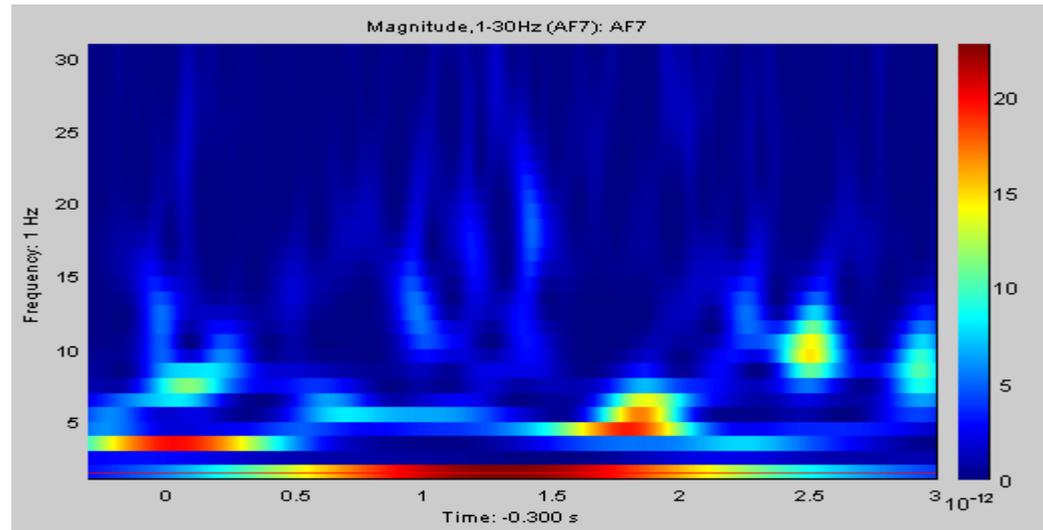
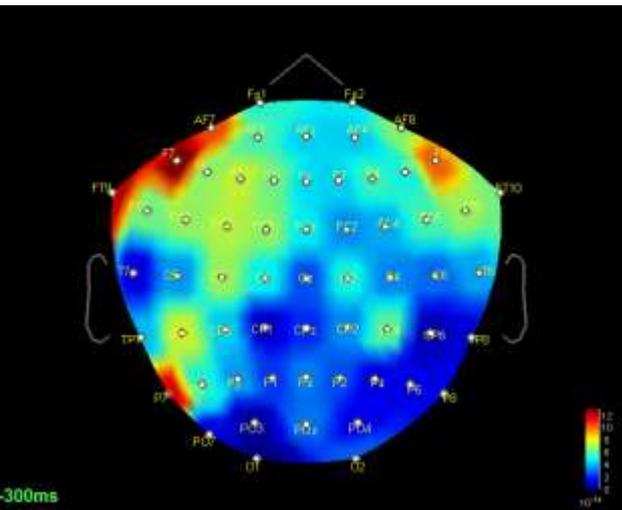
Granger Causality during Inspiratory load



Conclusions

- * L'architecture fonctionnelle et les liens de causalité entre les éléments du réseau sont profondément modifiés chez les patients BPCO.
- * Chez ces patients, il existe une diminution de la connectivité fonctionnelle du cortex moteur avec le cortex controlatéral, et une absence de connectivité avec la région du tronc cérébral
- * La causalité de Granger révèle une inversion des rôles de la medulla et du cortex moteur lors de la respiration spontanée et lorsque le travail respiratoire augmente
- * Ces résultats renforcent le rôle du réseau dans la survenue d'insuffisance respiratoire aiguë chez certains patients BPCO.

EEG haute densité (64 électrodes), analyse temps fréquence



Perspectives

- Modèle mathématique personnalisé du réseau:
 - réseau neural respiratoire
 - couplage neuro-musculaire
 - mécanique respiratoire
- EEG haute densité +++
- Stimulation magnétique transcrânienne ciblée (non invasif):
 - amélioration des performances des muscles respiratoires
 - amélioration de la dyspnée