



Université de Paris

# CONSCIENCE ET NEUROPHYSIOLOGIE

---

Dr E. Pruvost-Robieux

Service de neurophysiologie clinique

GHU paris

[estelle.pruvost-robieux@u-paris.fr](mailto:estelle.pruvost-robieux@u-paris.fr)

# Sommaire

---

- I. Qu'est-ce que la conscience?
- II. Quelques modèles théoriques de la conscience
- III. Classification des états de conscience
- IV. Comment explorer un trouble de conscience ?
  - 1) Clinique : cf. Cours du Pr T. Sharshar
  - 2) Neurophysiologie
  - 3) Imagerie
- V. Quelques exemples

# I. Qu'est-ce que la conscience?

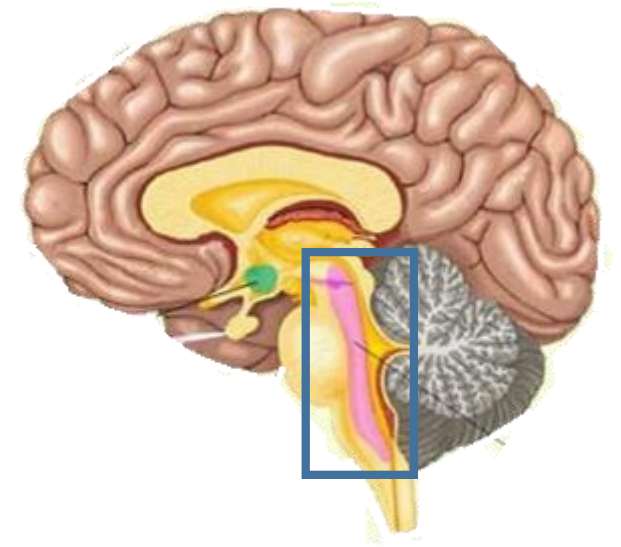
---

- Définition de F. Plum et J.B. Posner (1972) : « La conscience est la connaissance de soi-même et de son environnement ».  
→ Le « coma » à l'inverse est « l'absence totale de connaissance de soi-même et de l'environnement, même après stimulation externe ».
- Capable de rapporter des expériences subjectives sur nous-même ou notre environnement (Dehaene et Naccache, 2001)

# I. Qu'est-ce que la conscience?

---

- Une question encore débattue, sur le plan scientifique et philosophique
  - Lésions de la formation réticulée activatrice?
    - Importance pour la vigilance (veille/sommeil...)
  - Lésions diffuses du cortex également : le TC n'est pas suffisant pour avoir une conscience « normale »
    - Capacité de « rapporter » des informations
  - Conscience = « **Arousal and awareness** »



*Le cerveau à tous les niveaux  
(<https://lecerveau.mcgill.ca/>)*

« **Neural correlates of consciousness** » : mécanismes minimum pour une « perception consciente » → Plusieurs théories

# I. Qu'est-ce que la conscience?

---

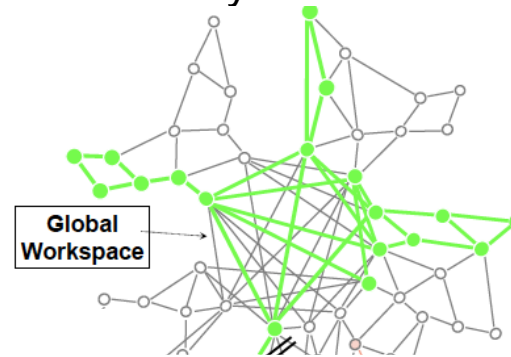
- Distingue les processus mentaux
  - «Automatiques », sans intention, « inconscients »
  - « Contrôlés » par un système « supérieur »
    - Système de supervision central
      - Avec capacités limitées
      - Permet expérience consciente

Préalable à la conscience d'un phénomène : Y être « attentif »

## II. Quelques modèles théoriques de la conscience

- « Global neuronal workspace theory » : conscience correspond à la réception, sélection puis diffusion d'informations dans le cerveau. Rôle du cortex préfrontal++

Ex: stimuli visuel active cx visuel +/- système fronto-pariétal... si conscient



Mashour et al. Neuron 2020  
Dehaene et Naccache 2001

## II. Quelques modèles théoriques de la conscience

---

- « *Integrated Information Theory* » : la conscience est une expérience qui implique de
    - **Différentier** : évènement conscient « unique », différent des autres expériences
    - **Intégrer** : expérience consciente ne peut être décomposée, elle forme un tout.
- Nécessite des aires fonctionnelles indépendantes, spécialisées (pour « différentier »)
- Nécessite des interactions rapides et efficaces entre ces aires (pour « intégrer »)

*Sous AG : pas d'intégration possible*

*Lors d'une absence épileptique: pas de différenciation possible*

Casarotto et al. Ann Neurology 2016,  
Casali et al. Scuebce Transl Medecine, 2013  
Boly et al. J. Neurosci 2017

## II. Quelques modèles théoriques de la conscience

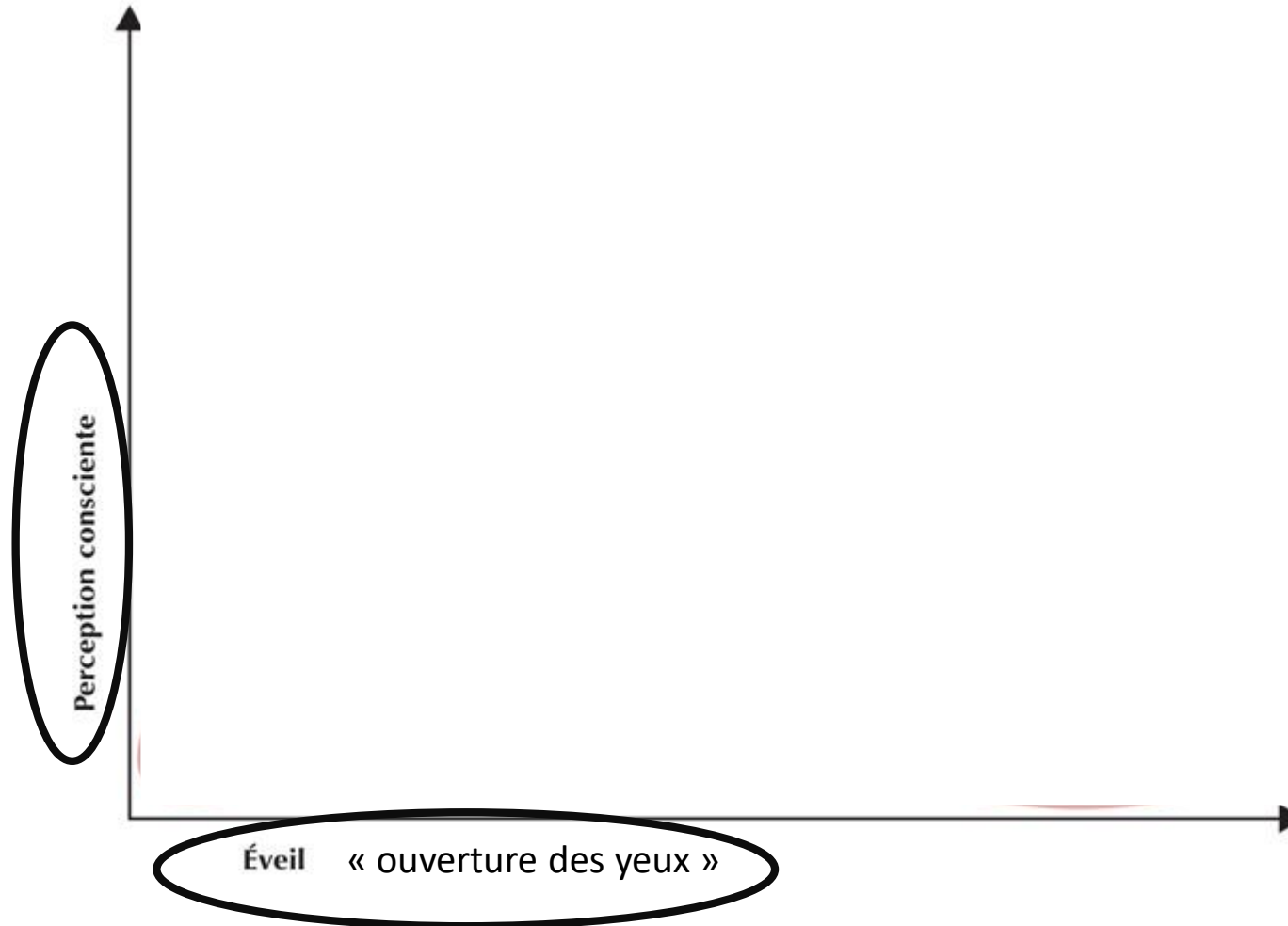
---

Une idée générale et moderne :

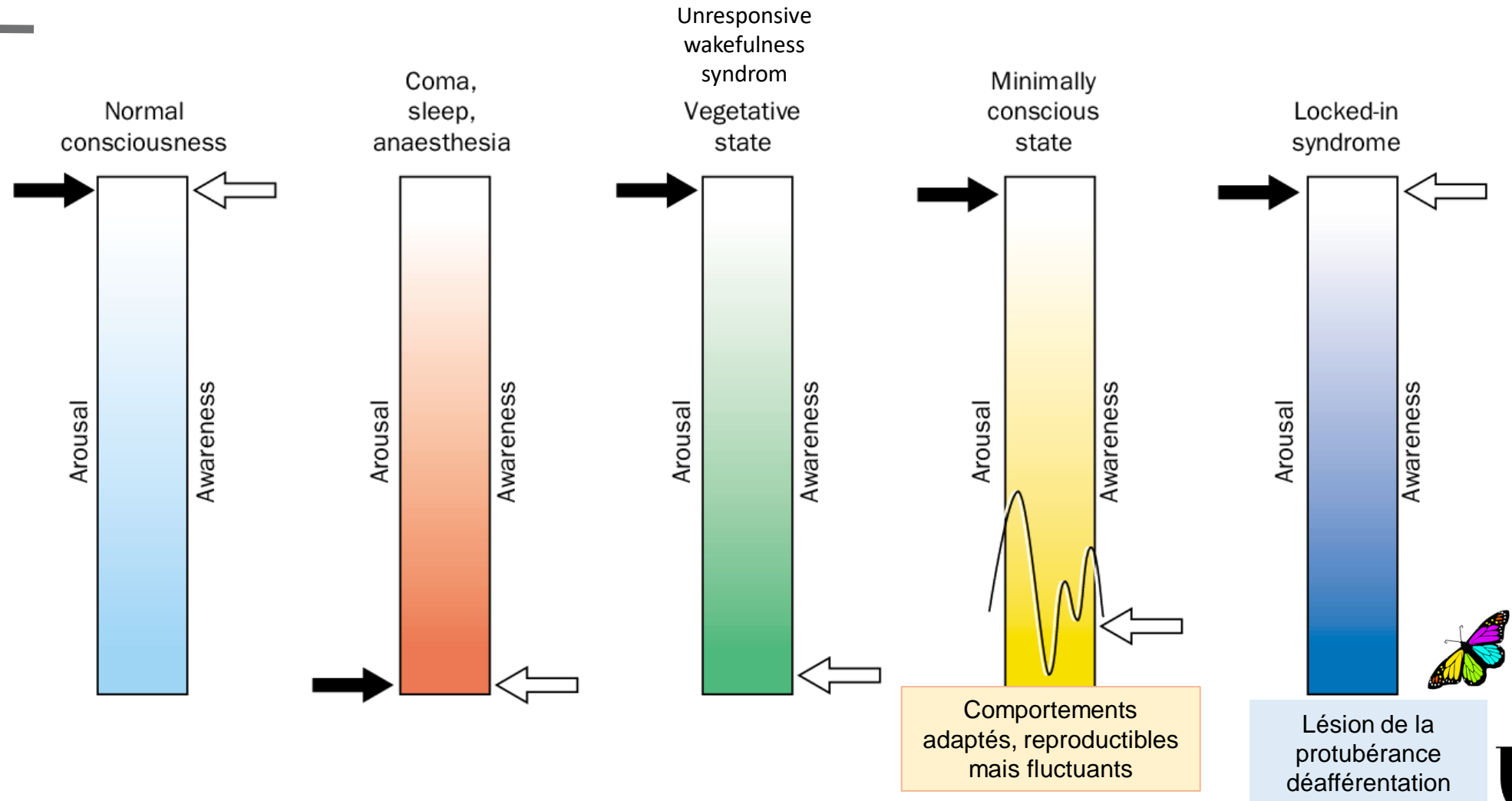
- La conscience d'une expérience nécessiterait
  - Un **système de supervision** central avec des capacités limitées
  - Un **traitement lent et descendant des informations « conscientes »** (comparativement à un traitement ascendant rapide des informations sensorielles, inconscient)
  - Un **espace interne de synthèse** de ces informations : « espace de travail neuronal global » (« Global Workspace »)



# III. Classification des états de conscience

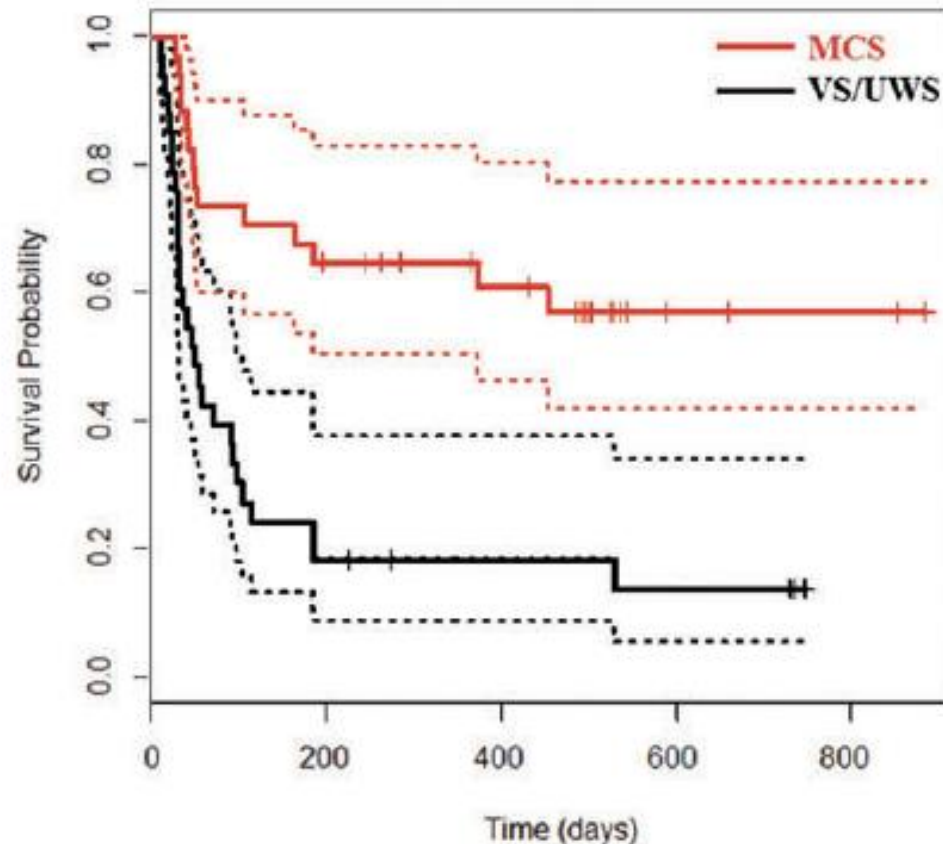


# III. Classification des états de conscience



# III. Classification des états de conscience

Mais pourquoi les classer?



67 patients,  
Toutes étiologies

+ intérêt pour  
les proches !

Faugeras et al., *Brain Injury*,  
2018

Fig 1. Kaplan-Meier survival curves with their  
95% confident intervals for patients in the  
VS/UWS (in red) and in the MCS (in black).

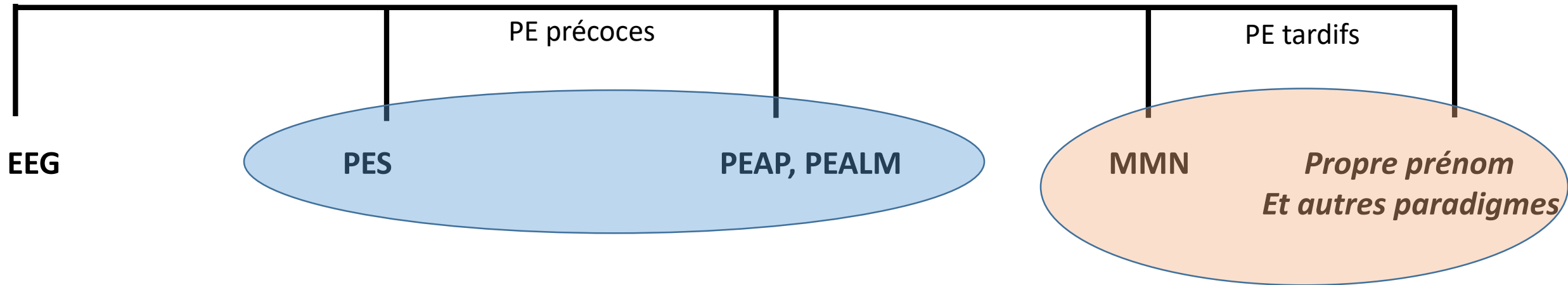
# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

---

- 1) Clinique : cf. cours du Pr T. Sharshar
- 2) Neurophysiologie
- 3) Imagerie (« pour aller plus loin »)

# IV. Comment explorer un trouble de conscience ? En neurophysiologie

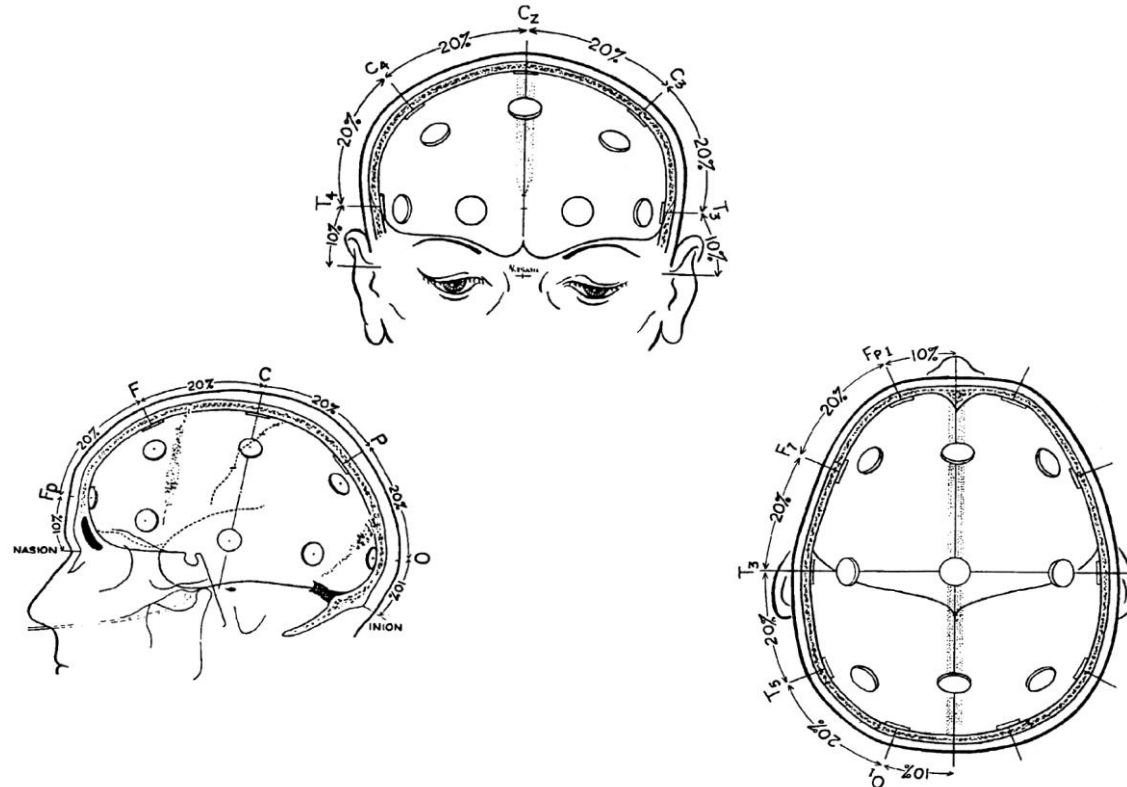
1 mot-clé :  
**MULTIMODALITE**



# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

## En neurophysiologie - EEG

- Au lit du patient
- 2 paramètres fondamentaux :
  - **Activité de fond**
  - **Réactivité aux stimulations**

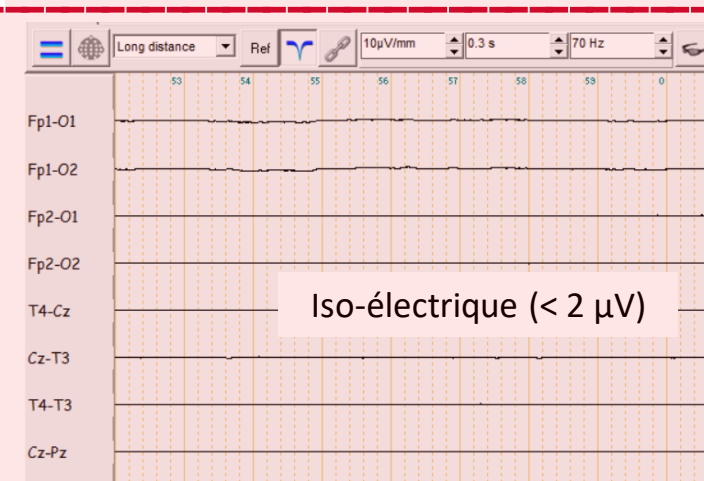
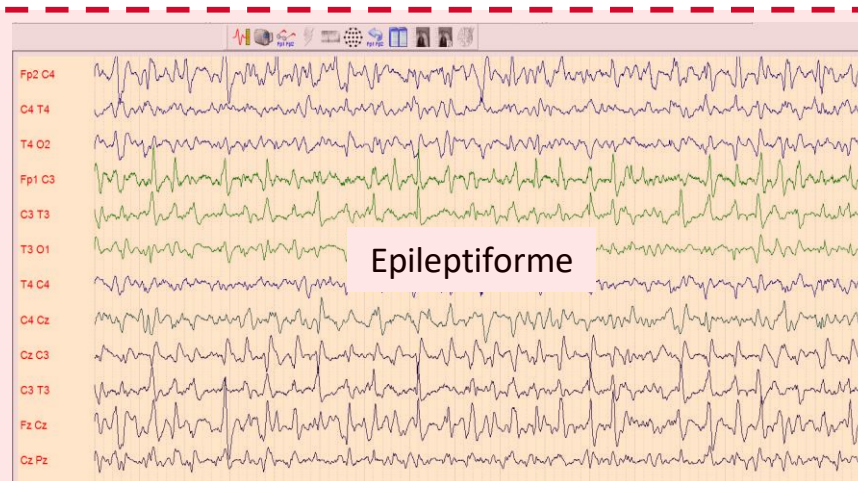
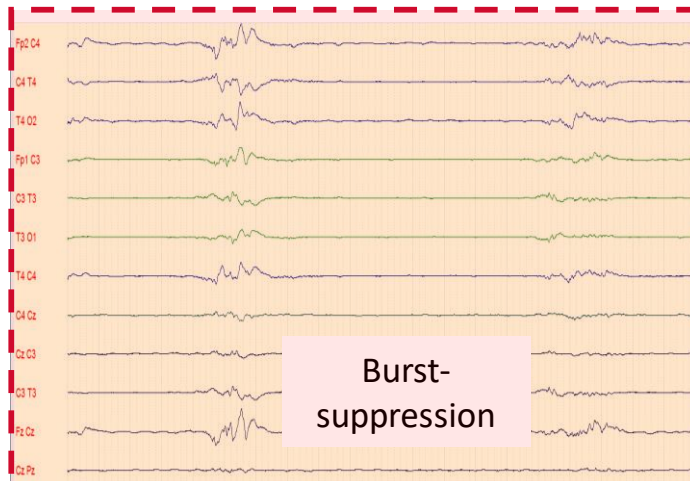
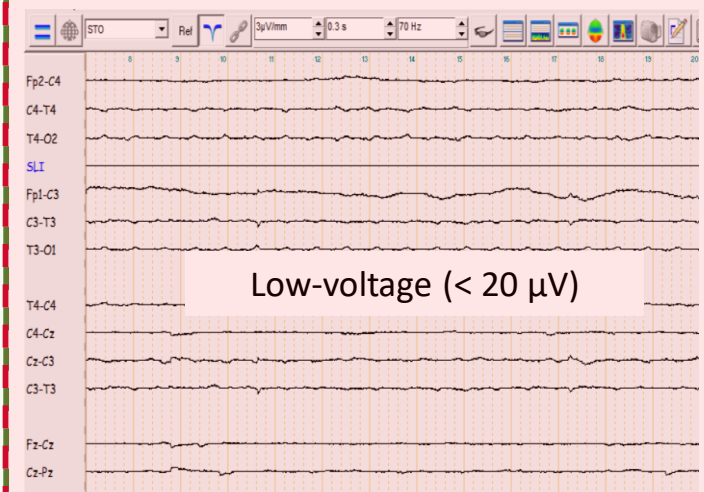
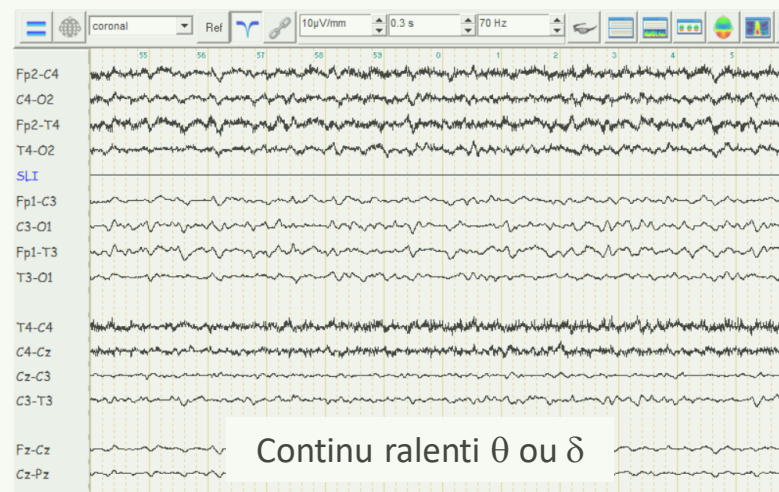
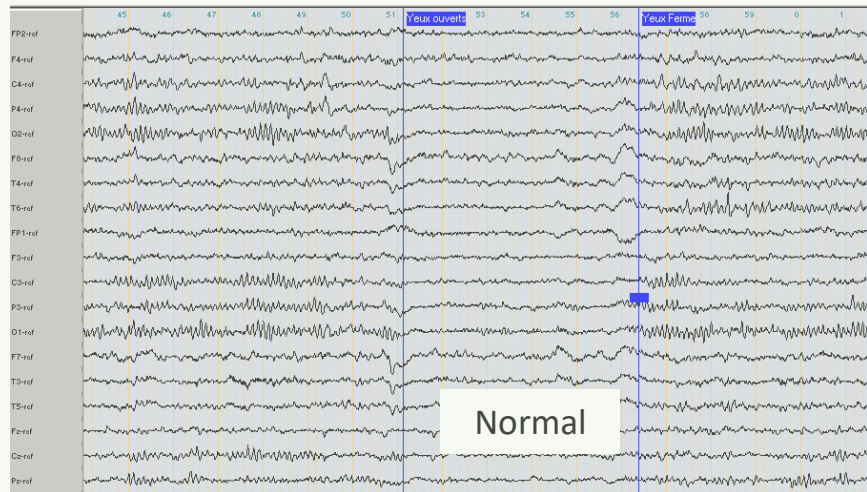


Jasper, 1958

André-Obadia et al. *Neurophysiol Clin.* 2018

# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

## En neurophysiologie – EEG – Activité de fond





# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

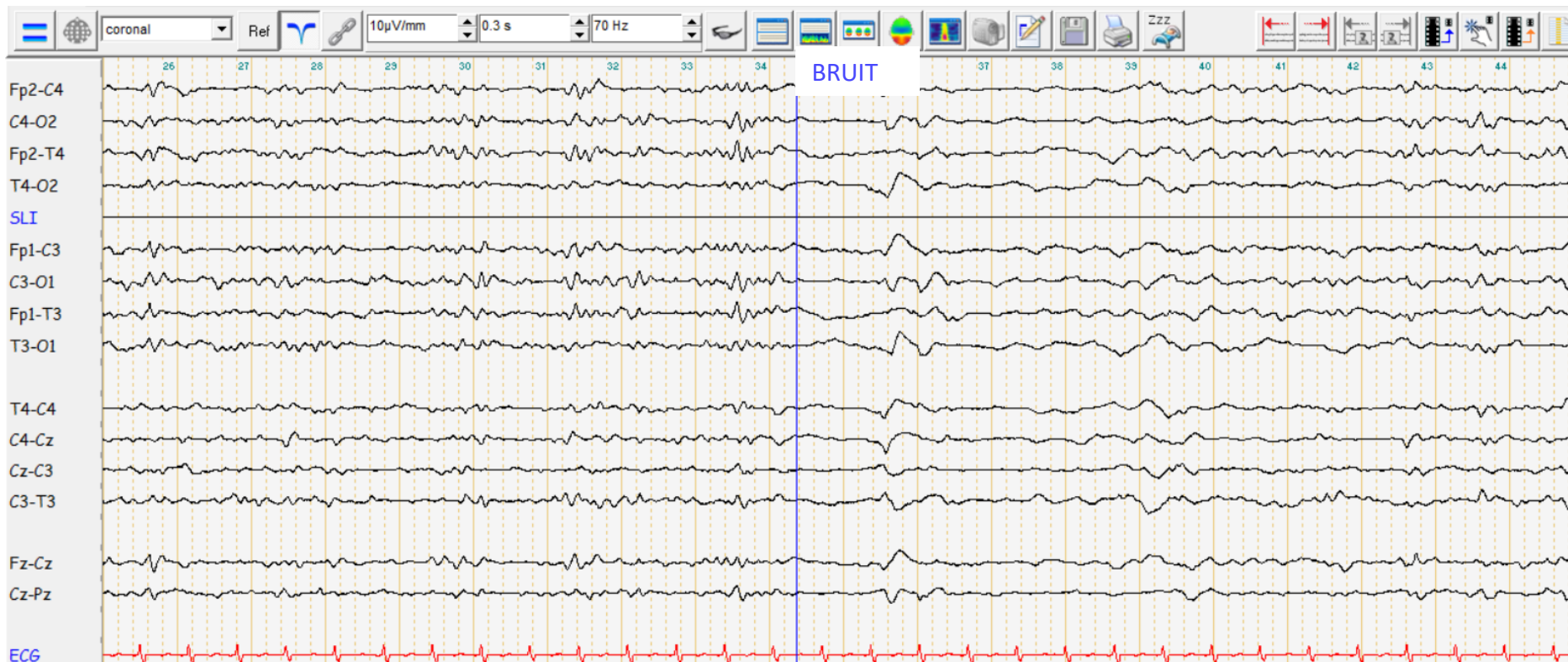
## En neurophysiologie – EEG – Réactivité

Modifications reproductibles de l'amplitude et/ou des fréquences de l'EEG suite à des stimulations externes

- **Auditives** (bruit, prénom, nom)
  - **Somesthésiques**
  - **Douloureuses**
  - (visuelles)
- } 4 membres

Absence de réactivité →  
Sp 82% et Se 73% pour  
mauvais devenir à 6  
mois

(Admiraal et al. Ann Neurol 2019.)



Limite : Variabilités  
**d'interprétation**

(Benarous et al. Clin.  
Neurophysiol. Pract. 2017)

... Et de **réalisation**



# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

## En neurophysiologie –

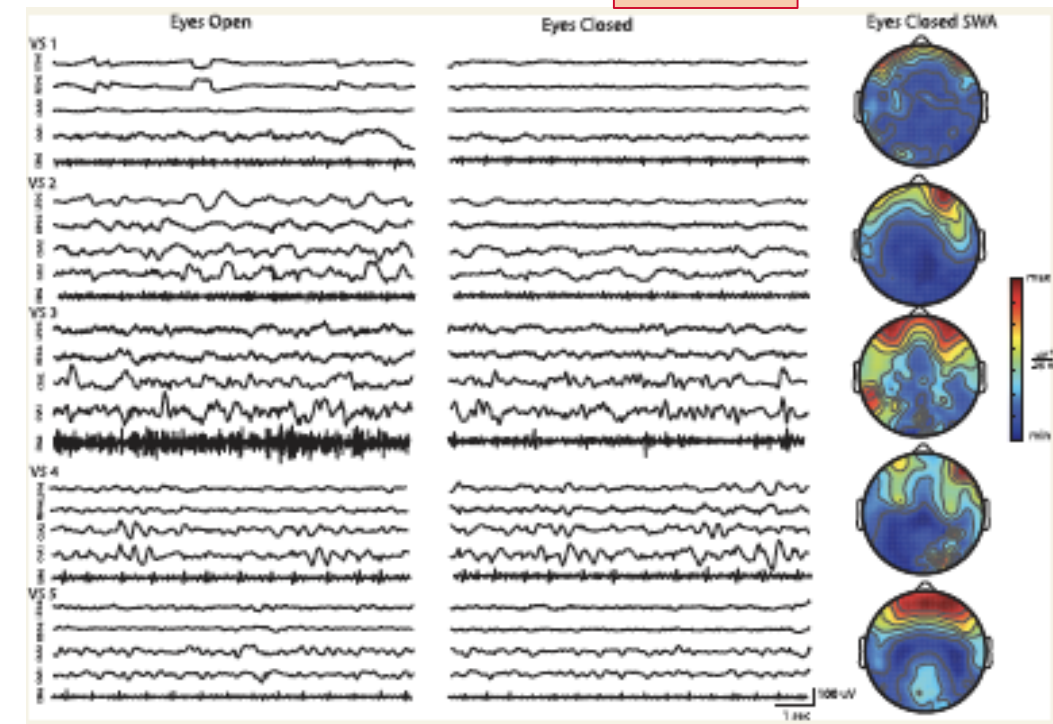
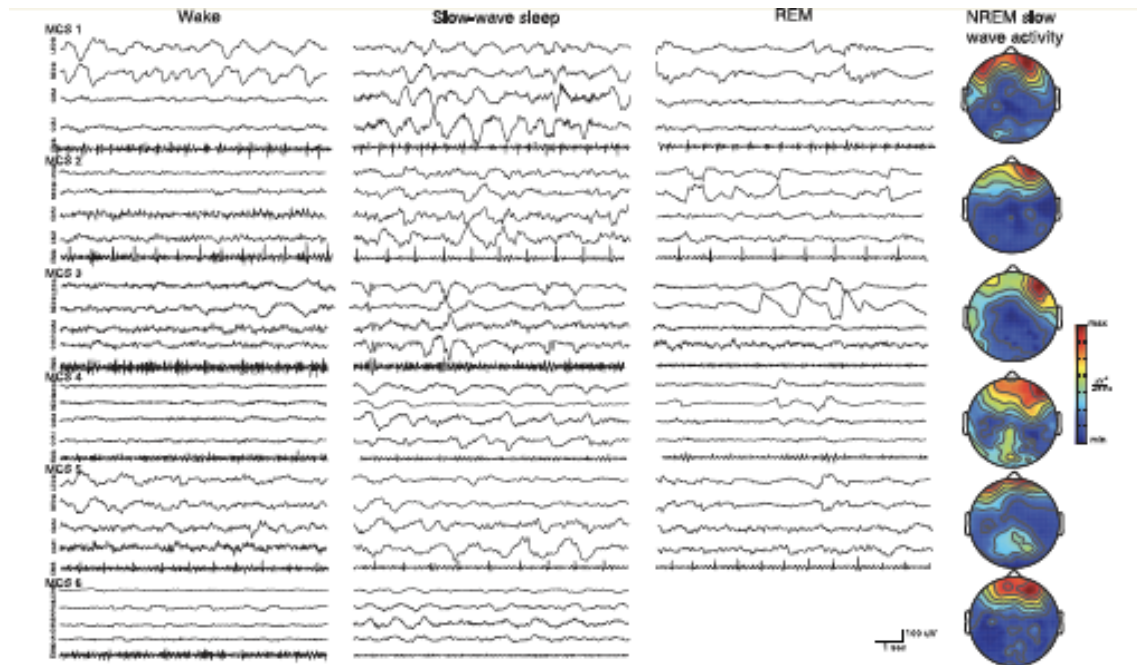
## EEG – *Pour aller plus loin*

### EEG continu sur 24h

Présence de patterns de sommeil?

MCS

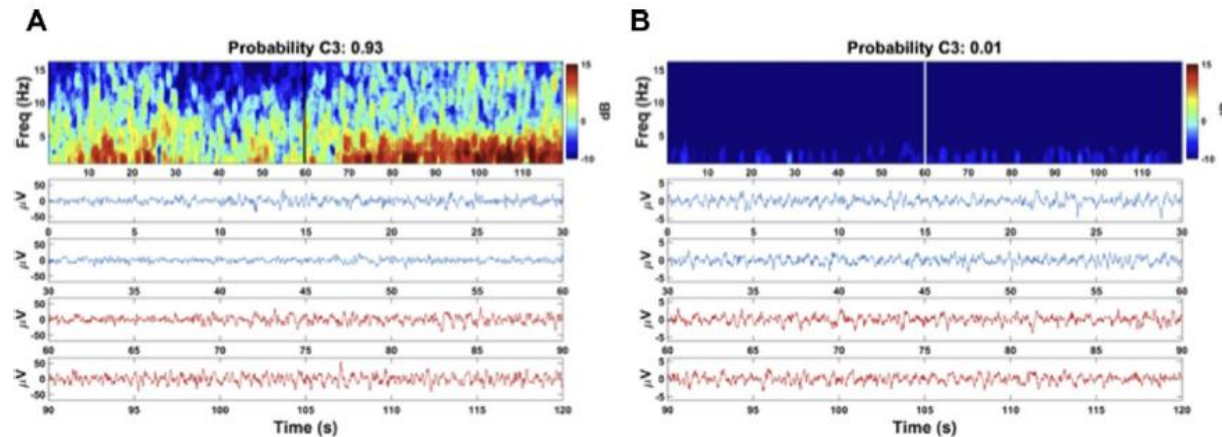
UWS



# EEG – *Pour aller plus loin – en recherche*

## Analyses quantifiées de l'EEG

- Pour objectiver une réactivité?
- Pour évaluer l'activité de fond
- Mesurer la connectivité entre les régions cérébrales?



Hermans et al., 2016

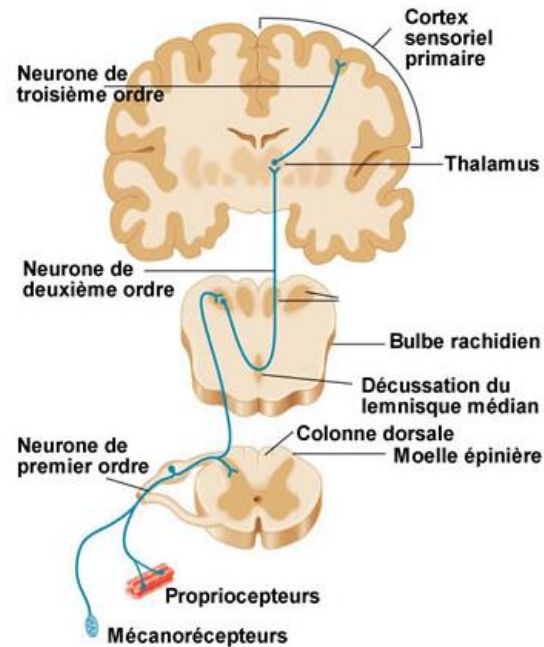
# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

## En neurophysiologie –      **Potentiels évoqués**

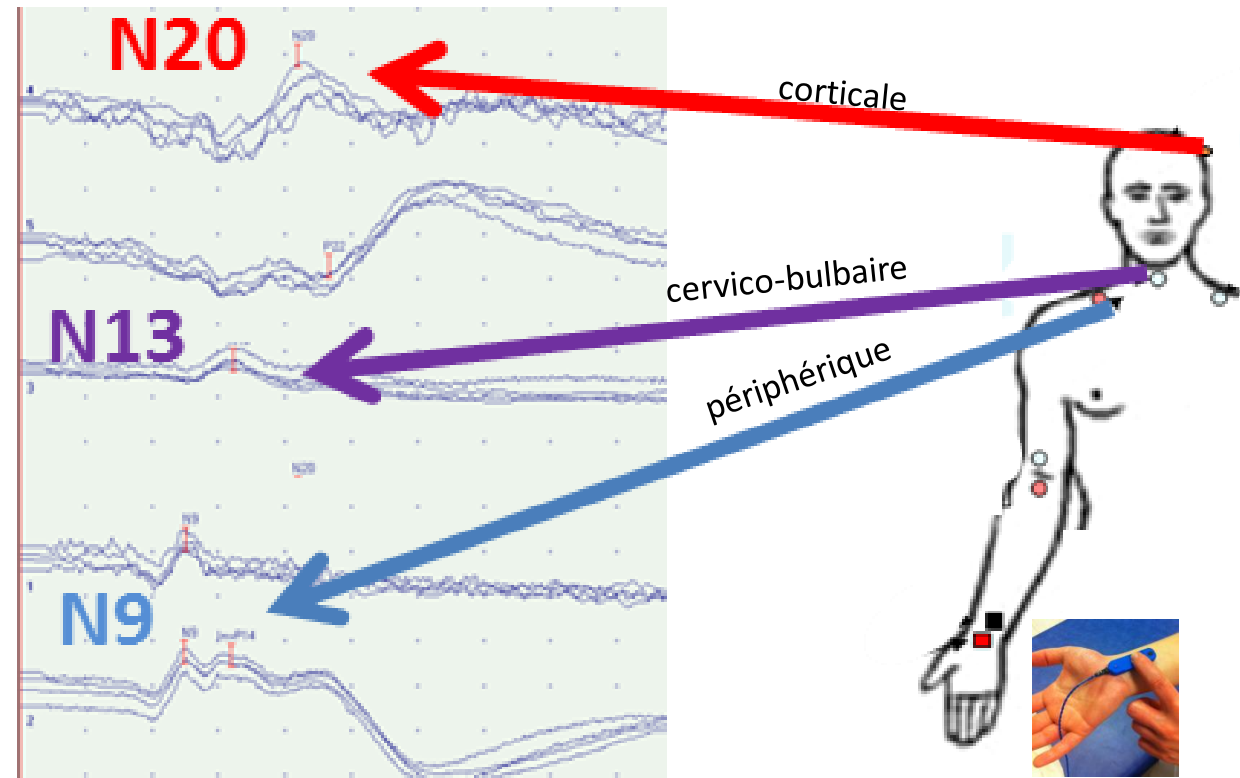
- Définition : activité électrique **provoquée** par la stimulation de **récepteurs sensoriels** et **enregistrables** le long des voies nerveuses correspondantes. Survient en latence constante avec cette stimulation
- Explorent des **voies nerveuses** bien définies :
  - Somesthésiques : PES
  - Auditives : PEA
- Exploration du **tronc cérébral** : PEAP, PES
- Complément d'un examen clinique parfois compliqué chez le patient inconscient
- Certains PE restent intéressants malgré les sédations éventuelles

# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

## En neurophysiologie – Potentiels évoqués - PES



Voies somesthésiques



N20 ABSENTE (J3, coma post-anoxique)

→ 100% des patients: décès / état végétatif chronique

(Fischer et al, Crit Care Med 2006, patients post ACR – J3)

# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

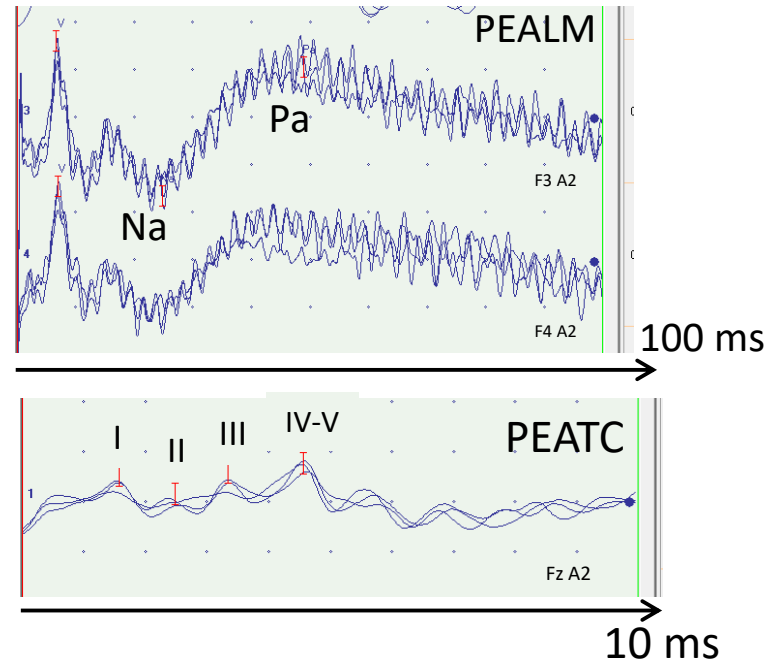
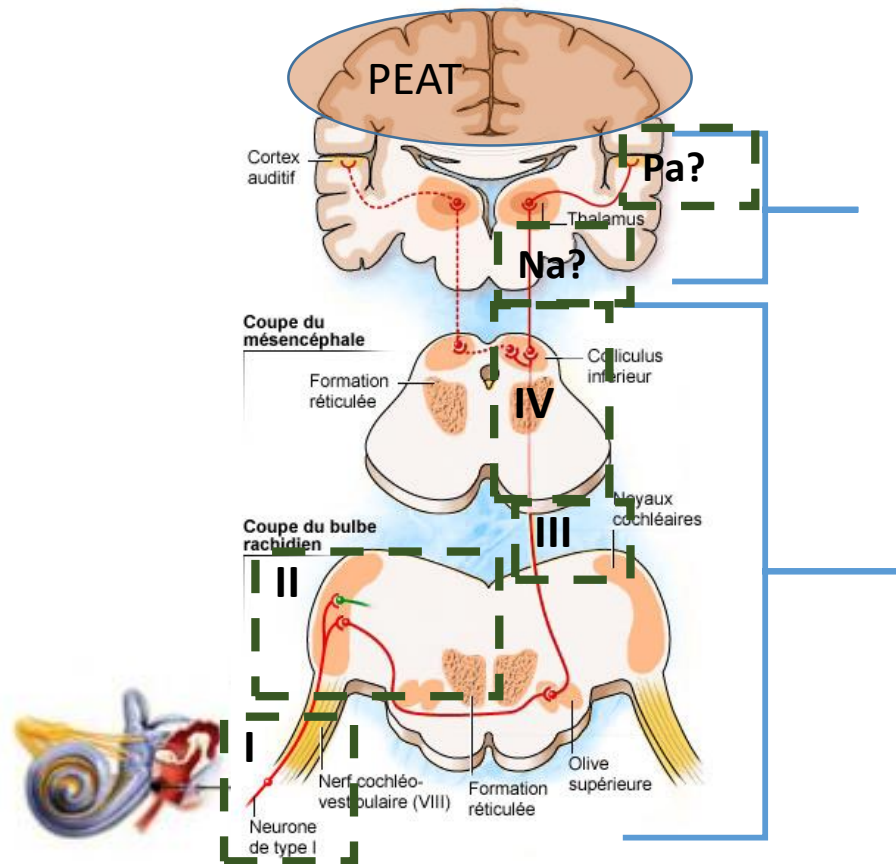
## En neurophysiologie – Potentiels évoqués - PEA

### Plusieurs PEA

PEATC: potentiels évoqués auditifs tronc cérébral (du VIII aux colliculi inférieurs)

PEALM: potentiels évoqués latence moyenne (des corps genouillés médians (*thalamus*) au cortex auditif primaire)

PEAT : Réponse N100 (corticale), MMN (*mismatch negativity*), P300



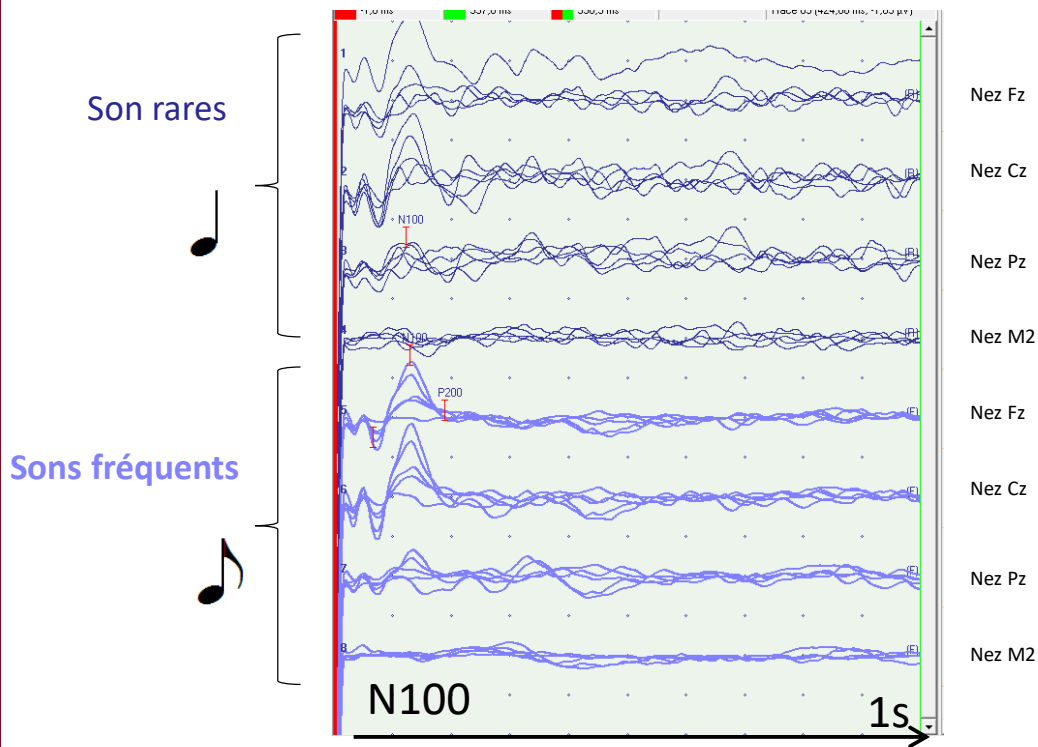
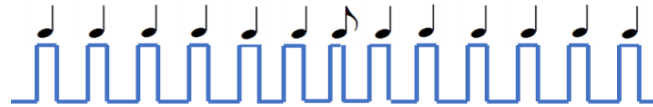
Intérêt :

- Vérifier intégrité de la périphérie
- Faible apport pronostique

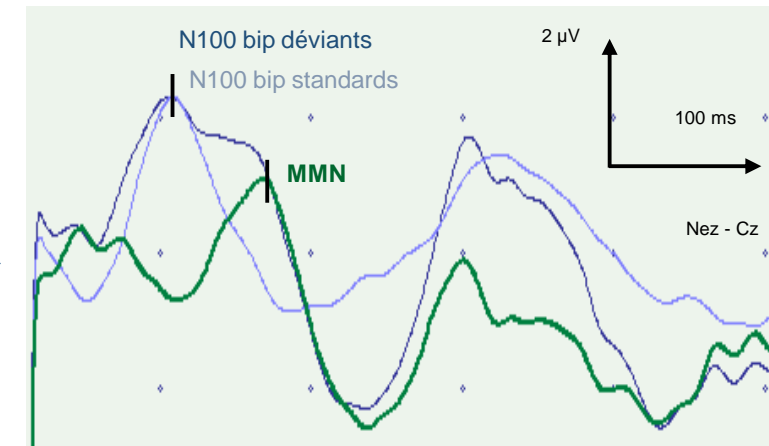
# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

## En neurophysiologie – Potentiels évoqués - PEAT

Paradigme Oddball



Entre 100 et 250 ms



**MMN** : négativité de discordance  
Différence sons rares/fréquents  
Réponse « automatique »



# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

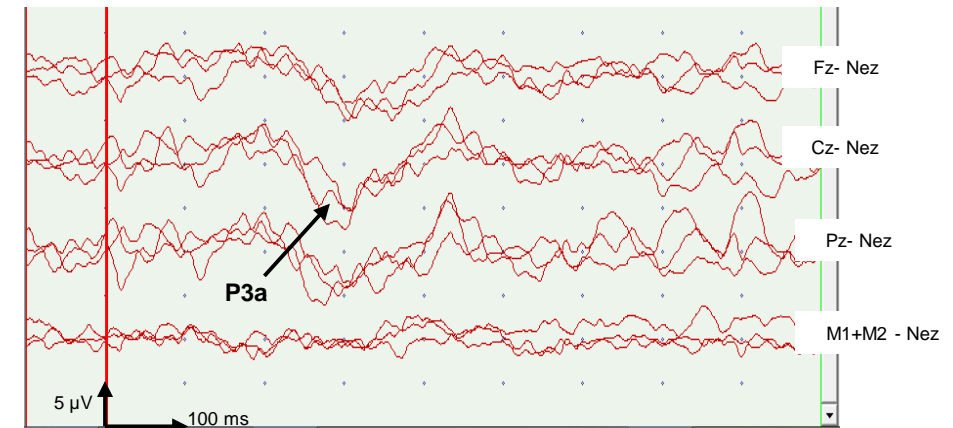
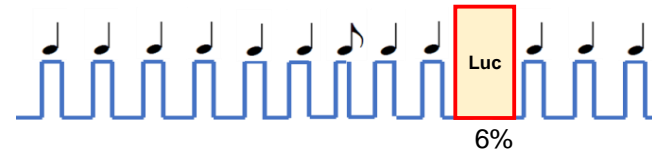
## En neurophysiologie – Potentiels évoqués - PEAT

- P300 – **Propre prénom**



*Cocktail party phenomenon*

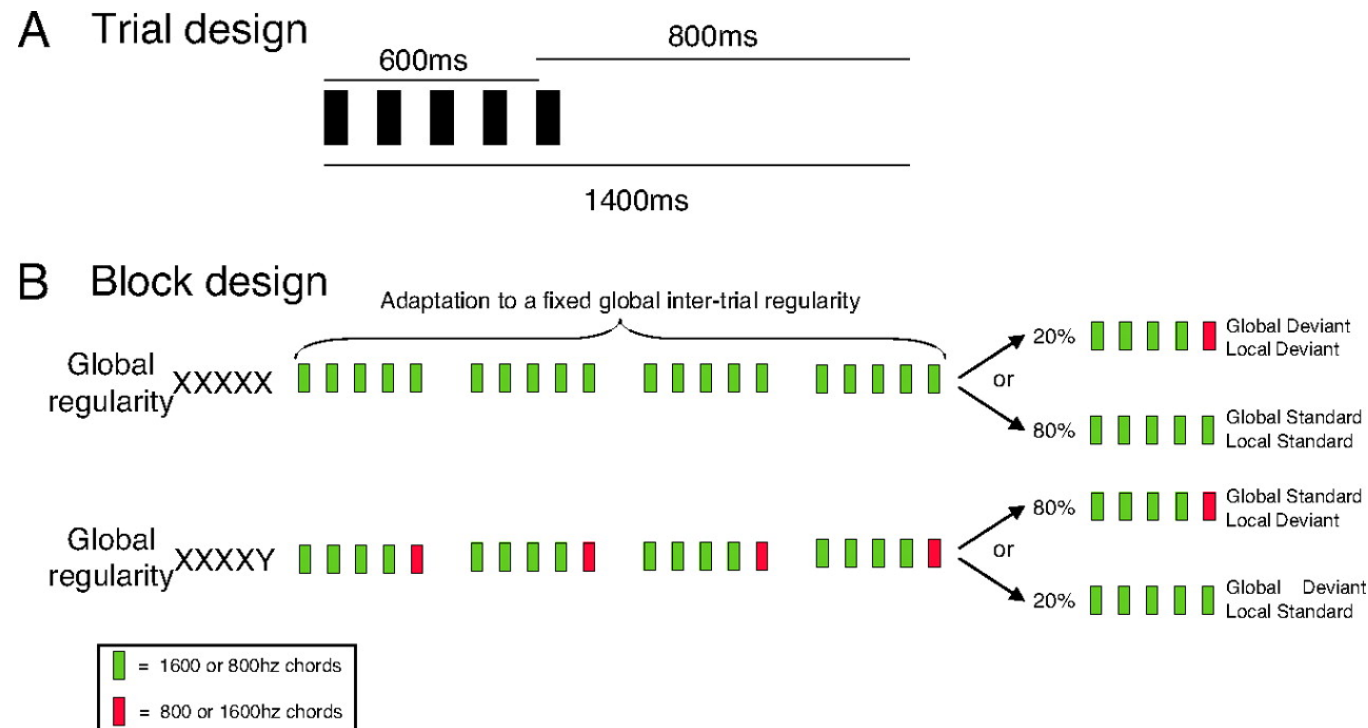
- Reflète activité d'un réseau étendu fronto-pariétal
- Le sujet « a orienté son attention » vers le « déviant »
- Bonne VPP pour l'éveil (Nathalie André-Obadia et al. , Neurophysiol. Clin. 2018, Cavinato et al. , Brain Inj 2009, Fischer et al. Clin Neurophysiol 2008)



# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

## En neurophysiologie – Potentiels évoqués - PEAT

- **Autres paradigmes** – exemple du Paradigme local/global



Synthèse globale met en jeu des mécanismes de conscience plus importants que pour effet local

Bekinschtein, PNAS, 2009



# IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

## *En imagerie – pour aller plus loin*

---

Quels outils « disponibles »?

- IRM morphologique (FLAIR, DWI)
- PET-FDG :
  - Métabolisme fronto-pariétal diminué chez les patients UWS vs MCS
- IRM fonctionnelle:
  - Signal BOLD + variable chez les patients MCS que UWS

Petit zoom : **IRM quantitative**  
**Séquence tenseur de diffusion**

**braintale**

Velly et al. Lancet Neurol. 2018

Outil de pronostication dans les comas d'origine post-anoxique.

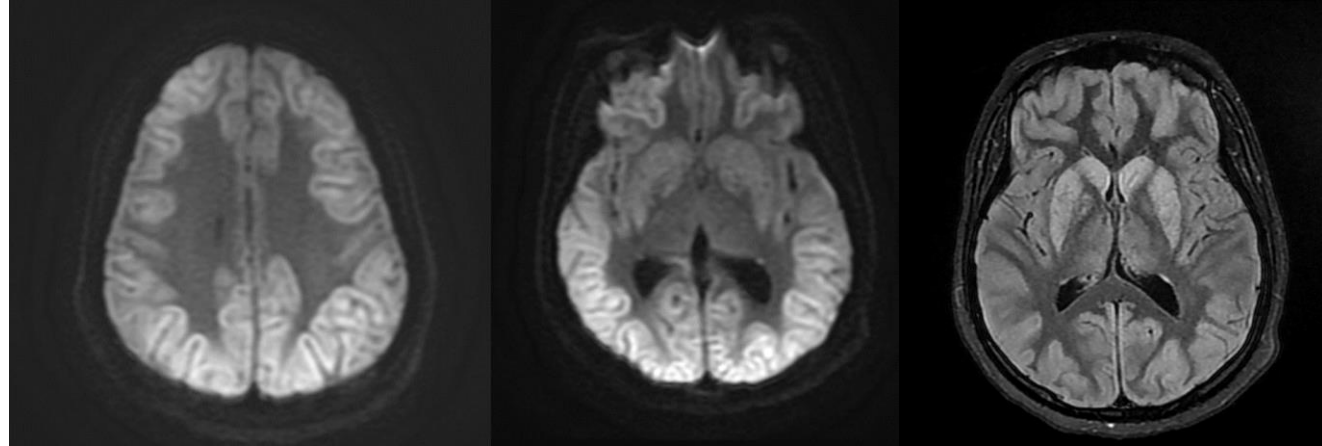
- J7 à J28 de l'ACR
- Mesure de la WWM-FA (FA de la SB cérébrale globale)  
VPN 71% et VPP 100% pour prédiction du devenir défavorable!

# Exemples d'anomalies en IRM

Contexte : Patiente JM - ACR et embolie pulmonaire (NF estimé à 50min)

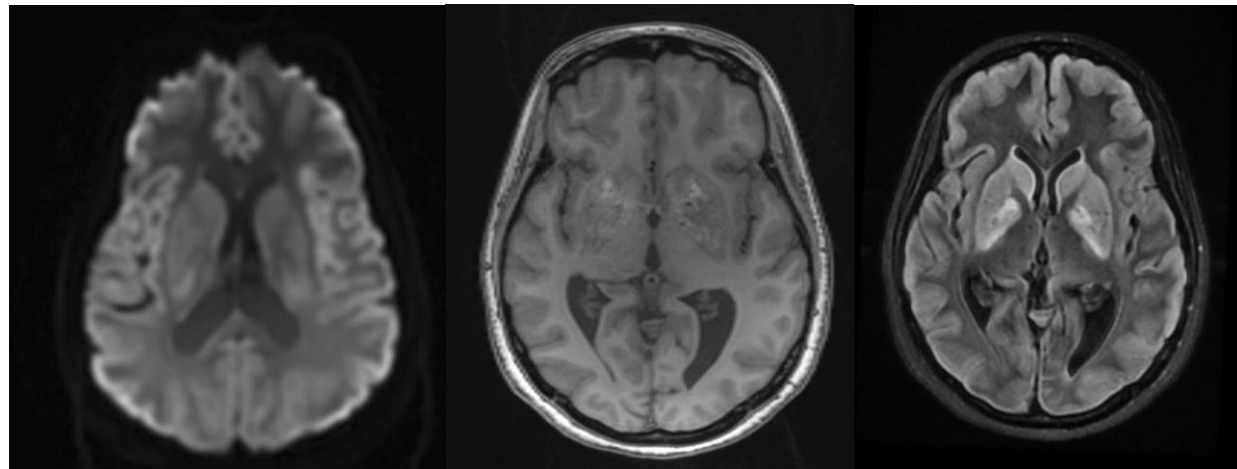
J3 - Stade initial

Œdème cortical cytotoxique  
+ Œdème bi striatal

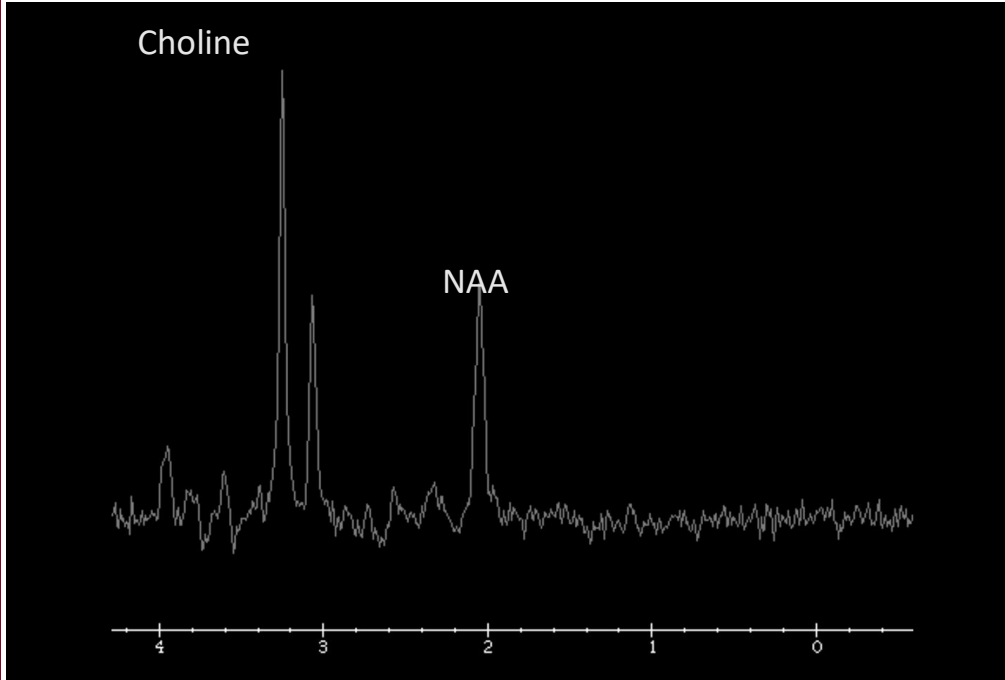


J15 - Stade subaigu

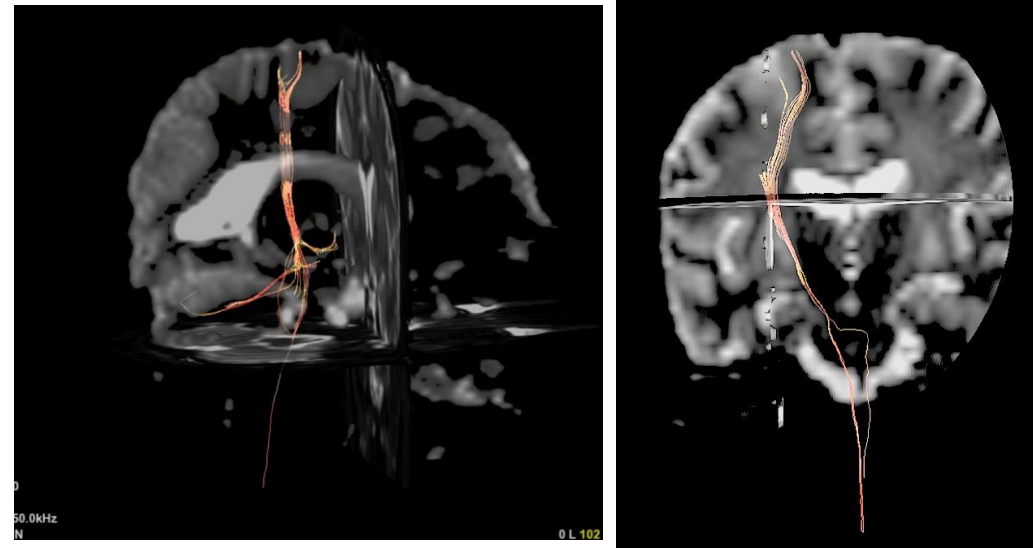
Œdème vasogénique (Hflair, nADC)  
+ nécrose NGC (HT1)



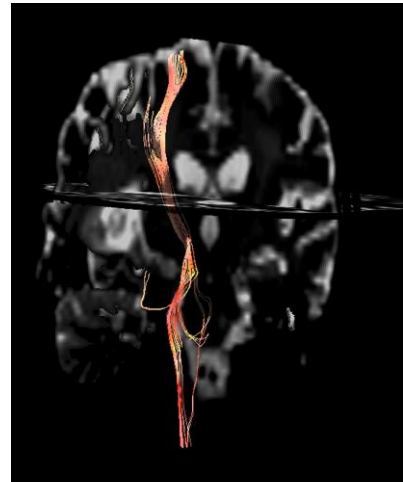
**Techniques avancées : spectroscopie, FA, Tractographie :**



Spectroscopie (tronc cérébral) : nette augmentation de la choline (dégradation cellulaire) et baisse du NAA (altération de la fonction synaptique). rapport Choline/NAA > 1 = mauvais pronostic

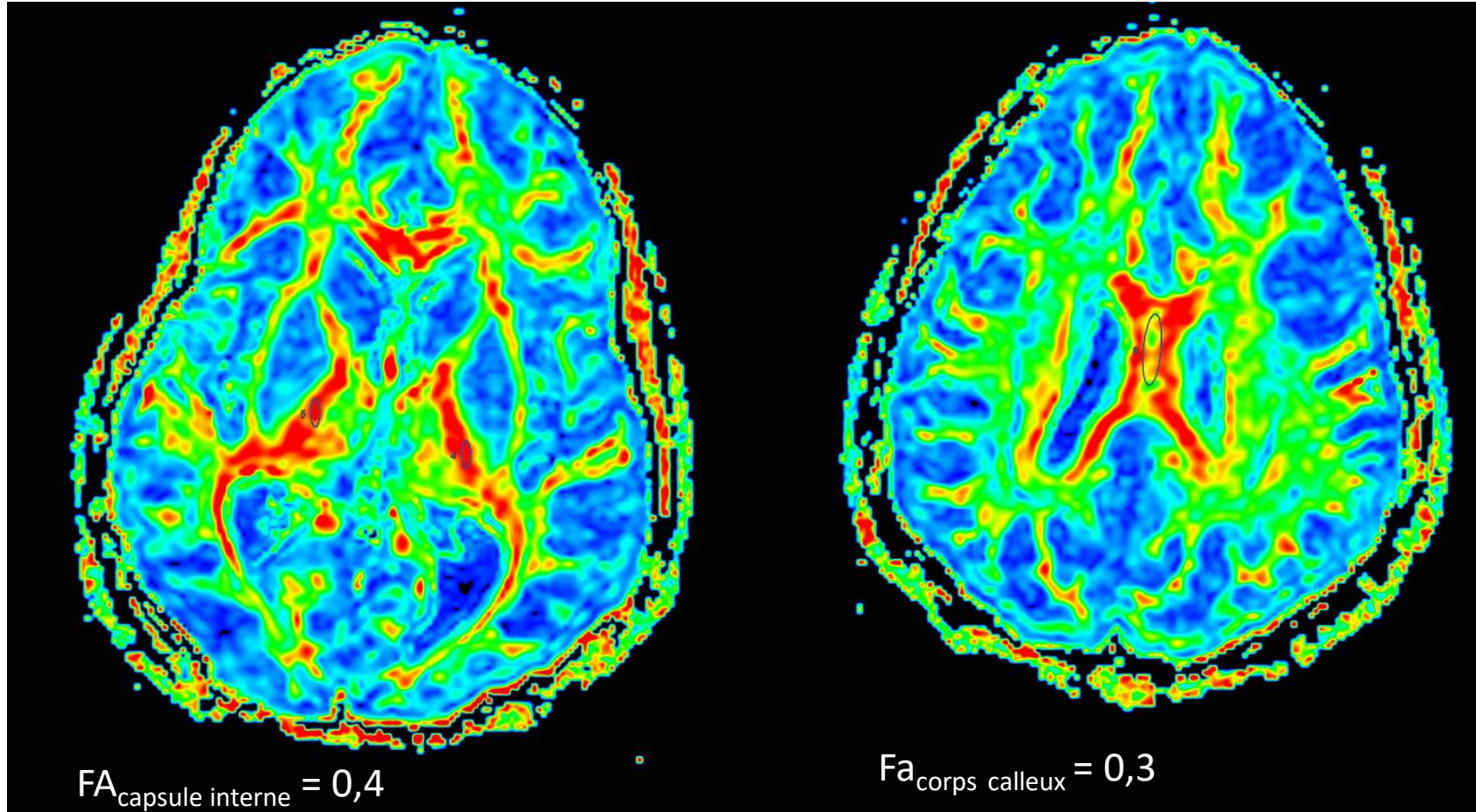


Tractographie du FX CS de Mme JM : raréfaction des voies descendantes



Fx cortico spinal témoin (même tranche d'âge)

# Fraction d'anisotropie



**En conclusion :**

Bilan pronostique péjoratif avec  
FA diminuée  
Spectroscopie pathologique

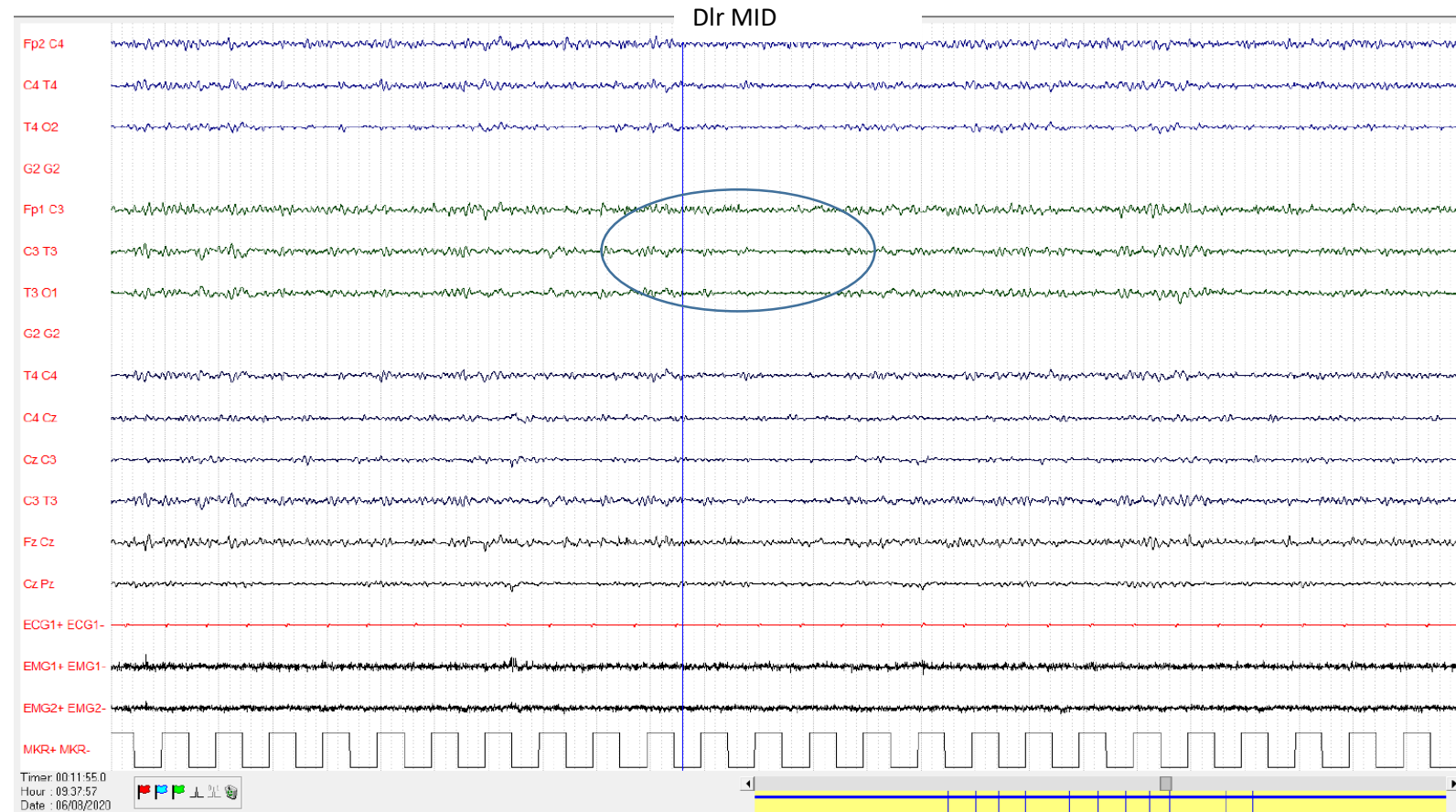
---

## V. Quelques exemples



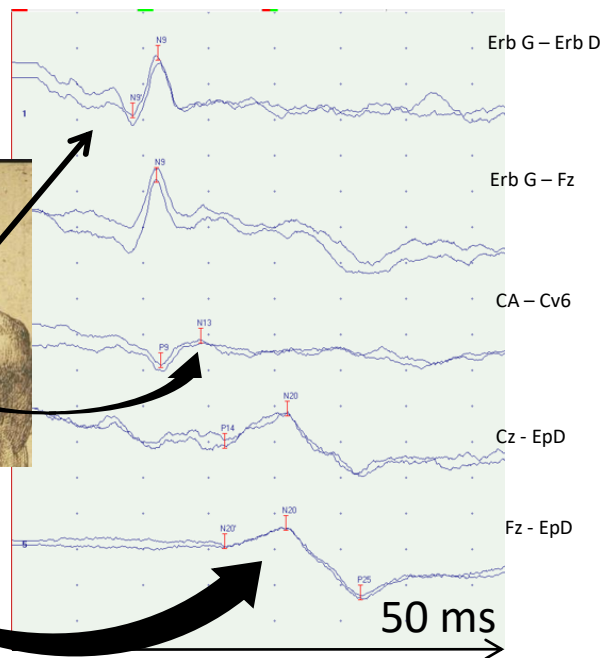
Homme de 63 ans  
01/08/2020 : céphalées en coup de tonnerre puis trouble de conscience  
TDM → HIP cérébelleux + inondation ventriculaire  
Etio : rupture de MAV cérébelleuse

Arrêt sédation le 3/8 : pas de réveil.  
Bilan de conscience fait le 14/8.



EEG : continu, réactif

N20 +



N100 +

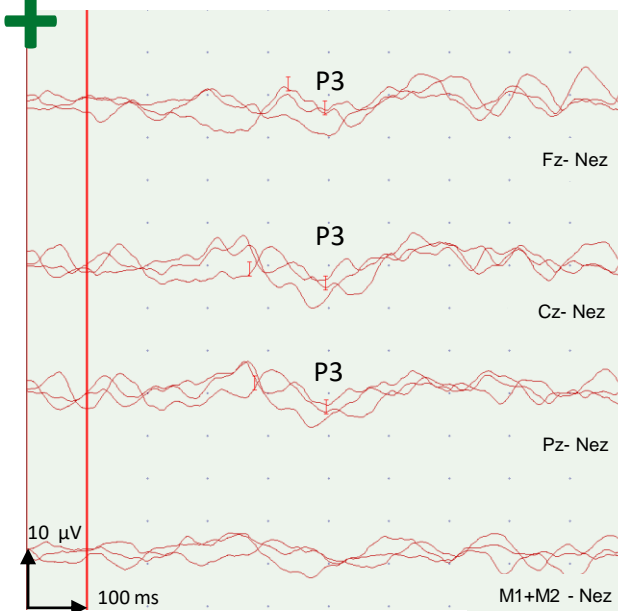
rares

fréquents



MMN +

P3 +

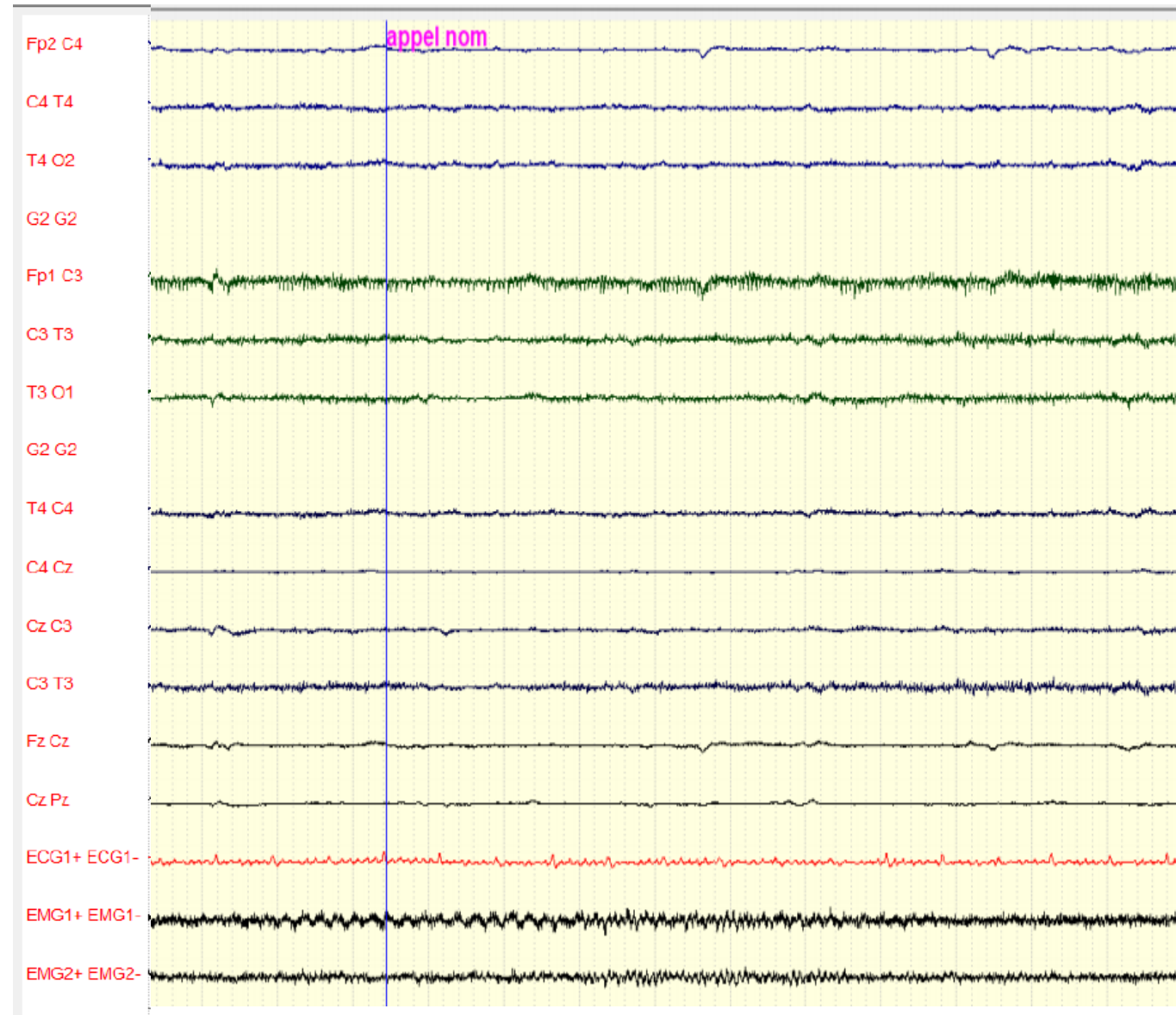


Au total:  
EEG continu réactif  
N20 présente  
MMN présente  
P3 présente  
→ Pronostic  
neurophysiologique  
favorable

PEAP +

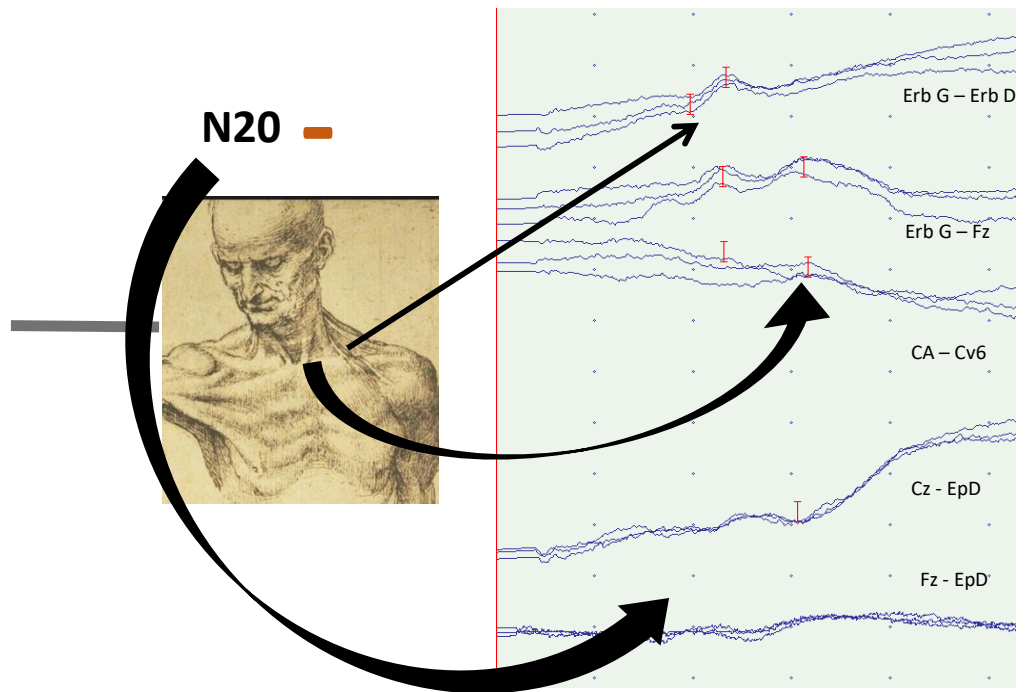
PEALM +

Homme de 59 ans  
ACR sur SDRA post-COVID le 31/3  
Arrêt des sédations le 20/4.  
Retard de réveil : Bilan de conscience  
réalisé le 06/05.



EEG : continu, très peu ample, aréactif





N100 —

rares

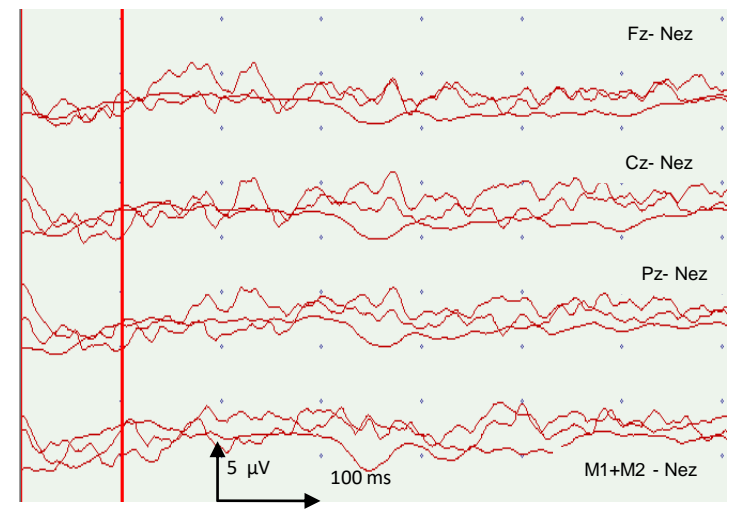
fréquents

PEAP +

PEALM +

MMN —

P3 —



Au total:  
 EEG continu aréactif  
 N20 absente  
 MMN absente  
 P3 absente  
 → Pronostic défavorable

# Take home message

---

## I. Qu'est-ce que la conscience?

Conscience de soi et de son environnement, débat philosophique et scientifique

## II. Quelques modèles théoriques de la conscience

Système de **supervision central**, **capacités limitées**, traitement rapide des informations sensorielles, plus lent pour l'accès à la conscience,

**Différents modèles théoriques (Global Neuronal Workspace Theory, Integrated Information Theory)**

## III. Classification des états de conscience

Intérêt **pronostique**

**Conscient, Etat de conscience minimal, Etat d'éveil non répondant, Coma**

## IV. Comment explorer un trouble de conscience ?

1) Clinique : cf. Cours du Pr T. Sharshar

2) Neurophysiologie

**MULTIMODALITE, EEG / Potentiels évoqués, précoces et tardifs, plusieurs pistes en recherche**

3) Imagerie

---

Merci pour votre attention