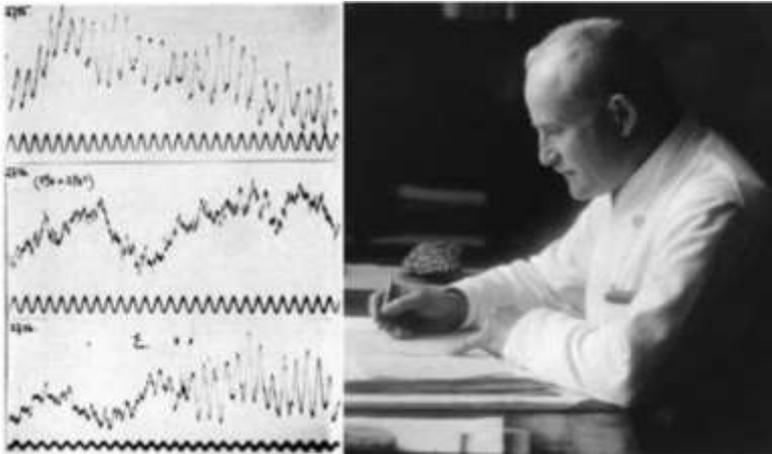


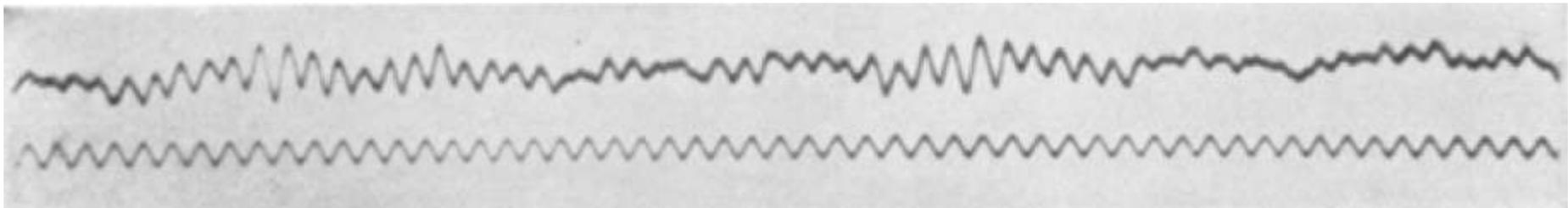
# Introduction à l'EEG

# Historique

**1875 : Caton (UK)** : 1<sup>er</sup> à mesurer l'activité neuroélectrique du cortex cérébral en plaçant l'électrode d'un galvanomètre à la surface du cerveau d'animaux craniotomisés → l'activité fonctionnelle (par ex: la vision) correspond à l'apparition d'une activité électrique dans une zone précise du cortex.



- **1929 Hans Berger** : 1<sup>er</sup> à amplifier le signal électrique de l'activité neuronale, tracés en forme de vague. Décrit les ondes alpha et bêta



# Introduction

## Mesure de l'activités électriques cérébrales

Techniques invasives intracérébrales

Techniques

Techniques non invasives de surface : EEG et MEG

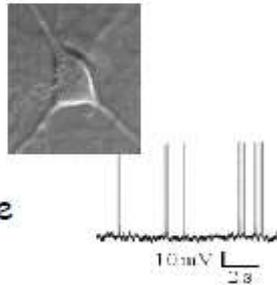
Activités locales

Activités enregistrées

Activités globales

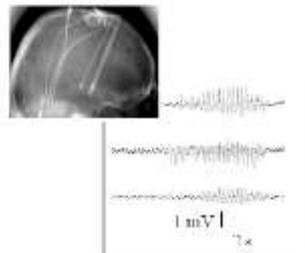
Activités unitaires

Potentiel de repos  
Potentiel post-synaptique  
Potentiel d'action

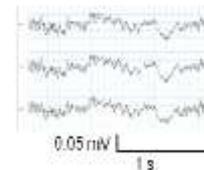


Potentiels de champs

Activités d'une population de neurones d'un site donné



Activités de populations de neurones d'une région de surface donnée



# Electroencéphalogramme (EEG)

## Enregistrement de l'activité électrique du cerveau sur le cuir chevelu

- Méthode **électrophysiologique** qui permet
  - Le recueil, donc nécessite des Électrodes
  - l'amplification .....des Amplificateurs
  - la transcription graphique.....Scripteursde cette activité

# Electroencéphalogramme (EEG)

- L'activité électrique du cerveau recueillie correspond à des différences de potentiel électrique entre 2 électrodes
- Les signaux :
  - sont de faible amplitude → doivent être amplifiés et filtrés
  - sont alternatifs → sinusoïdaux de fréquences très basse à basse.

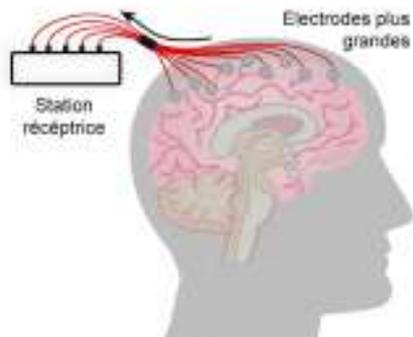
# Electroencéphalogramme (EEG)

- Nouvelles techniques
  - Télémétrie
  - EEG quantifiée et cartographique : représentation topographique (par quantification du signal EEG), → application de la transformée de Fourier ;
  - Enregistrement **en ambulatoire** longue durée de type Holter.



**Méthode actuelle :**  
**Transmission filaire transcutanée**

- Risque d'infection
- Connexion permanente à la station
- Complication dans 25% des cas
- Autonomie et confort réduits
- Durée limitée du suivi

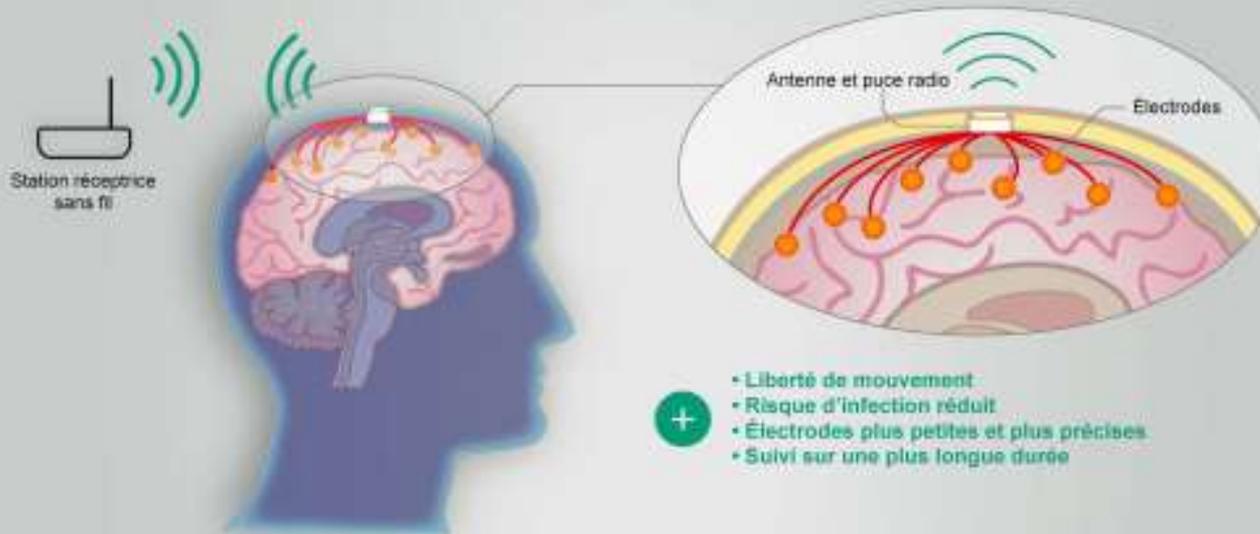


## Le cerveau sous surveillance... en wireless

Dans les cas d'épilepsie extrême, le monitoring intracrânien permet de déterminer précisément quelle zone du cerveau doit être retirée chirurgicalement. La technique actuelle nécessite l'implantation d'électrodes câblées à une station externe. Ce système présente des risques d'infection et de complications sévères dans près d'un quart des cas. Le patient doit être maintenu en environnement stérile durant plusieurs jours.

Pour réduire ces problèmes, les chercheurs de l'EPFL ont développé un système sans fil.

### Systeme sans fil développé à l'EPFL

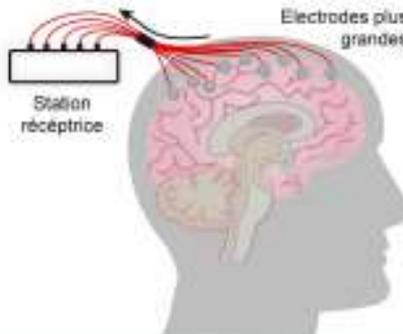


### Méthode actuelle :

#### Transmission filaire transcutanée



- Risque d'infection
- Connexion permanente à la station
- Complication dans 25% des cas
- Autonomie et confort réduits
- Durée limitée du suivi



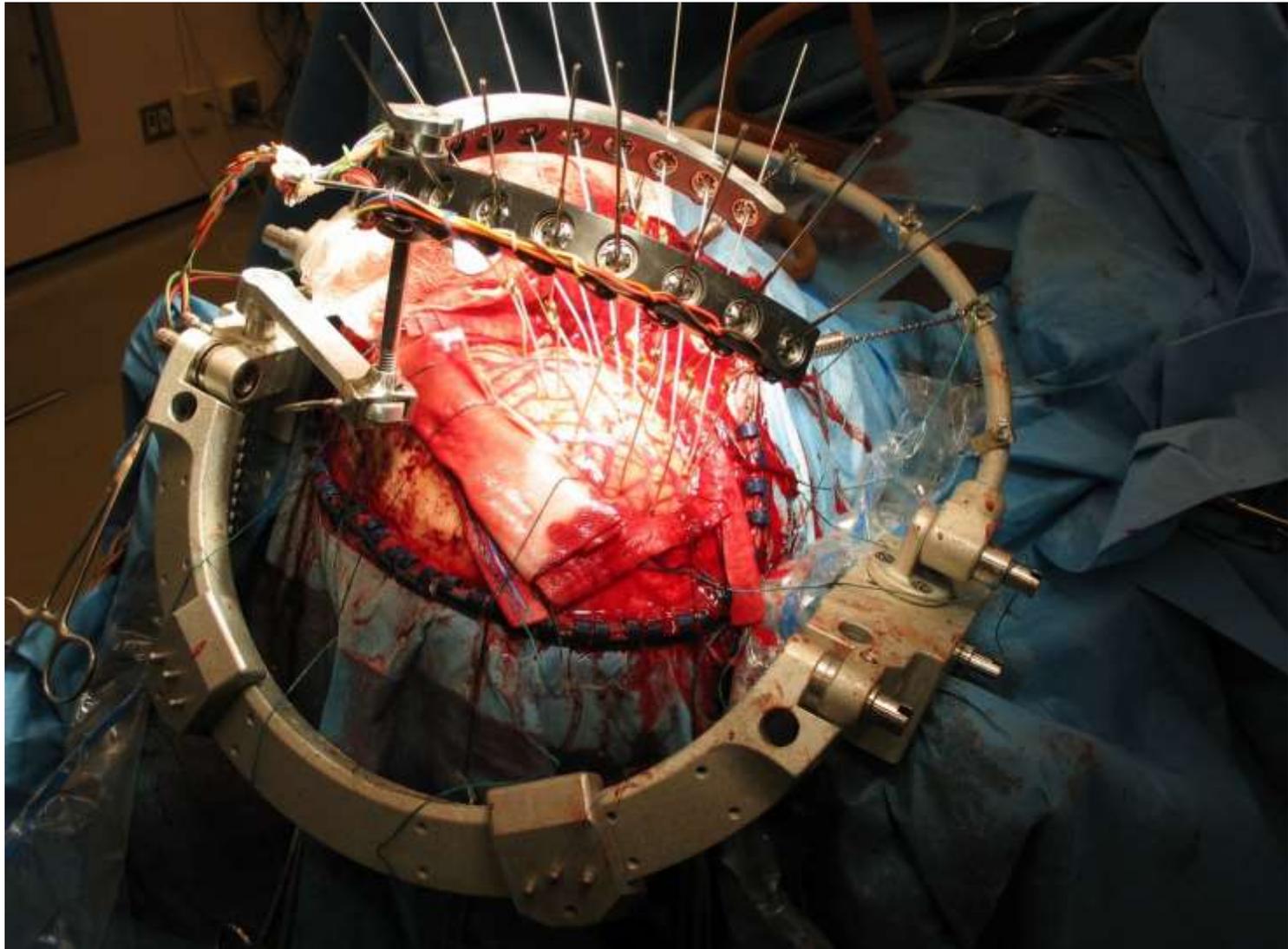
Ecole Polytechnique  
Fédérale de Lausanne  
(Télémétrie)

# Electroencéphalogramme

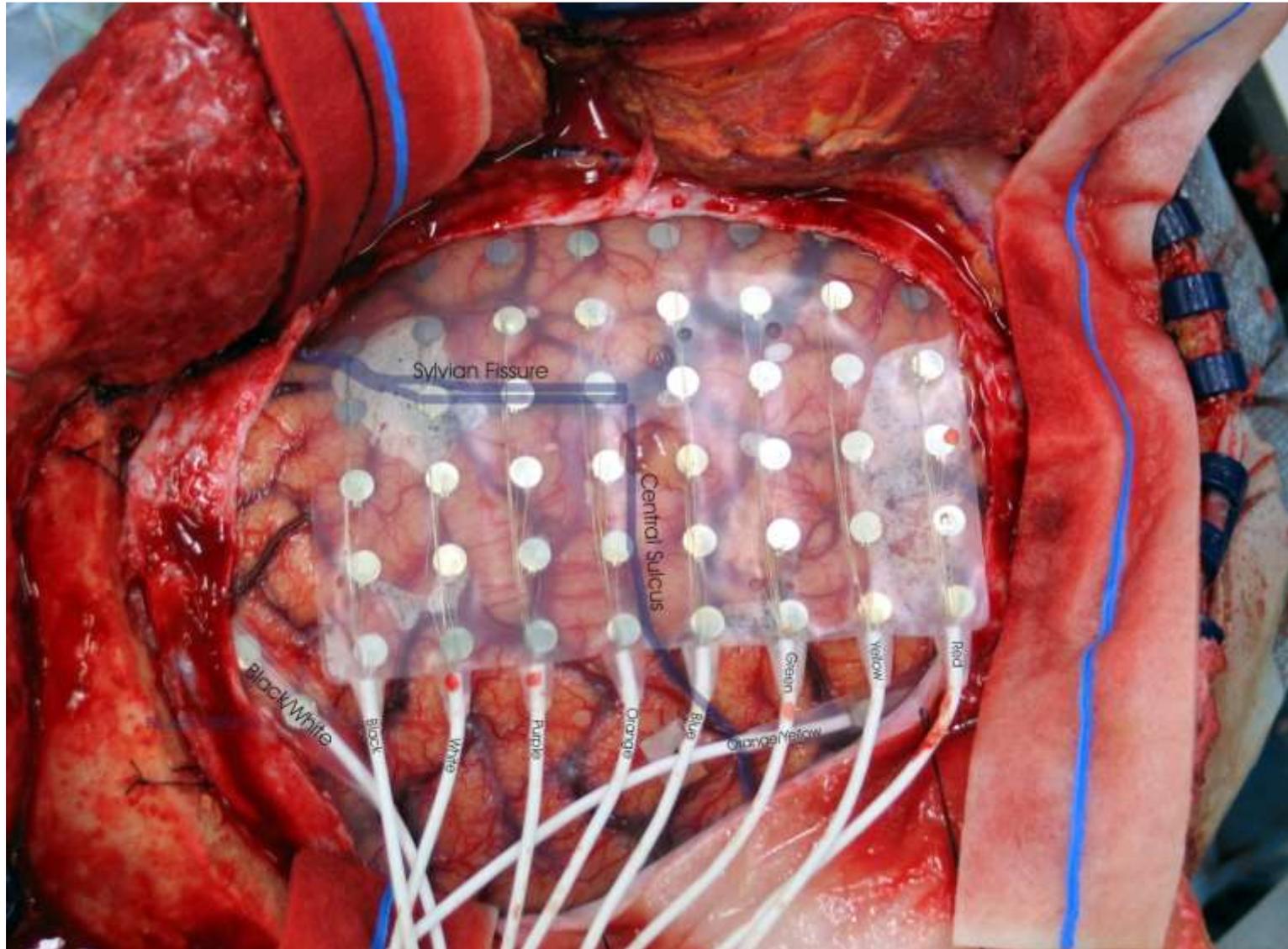
- EEG enregistre les seules couches superficielles du cortex = (les dendrites des cellules pyramidales corticales)



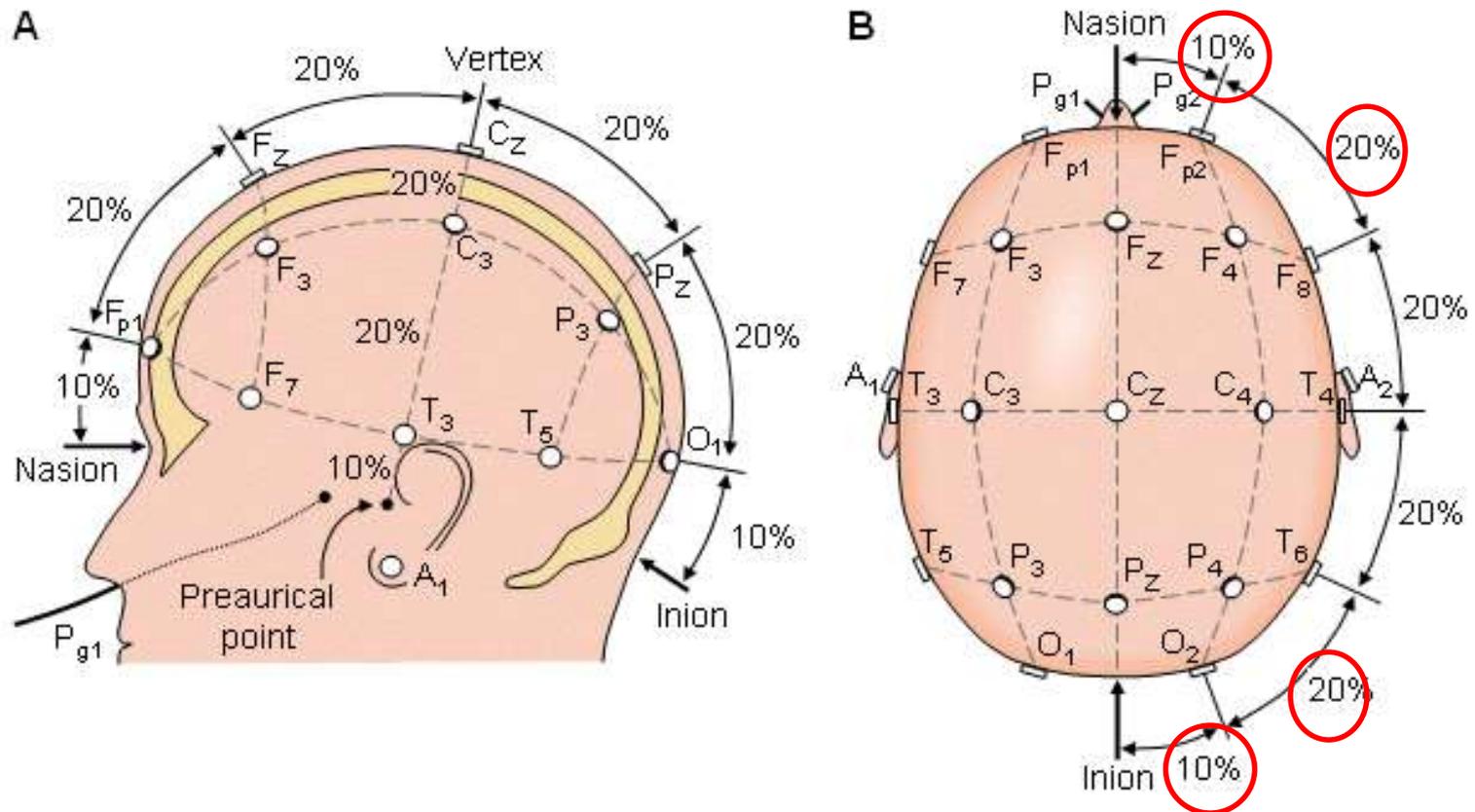
# EEG Intracranial (ECoG)



# EEG Intracranial (ECoG)

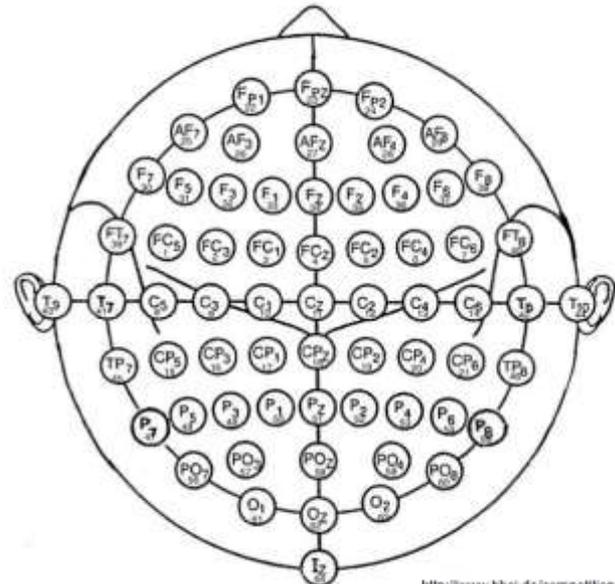


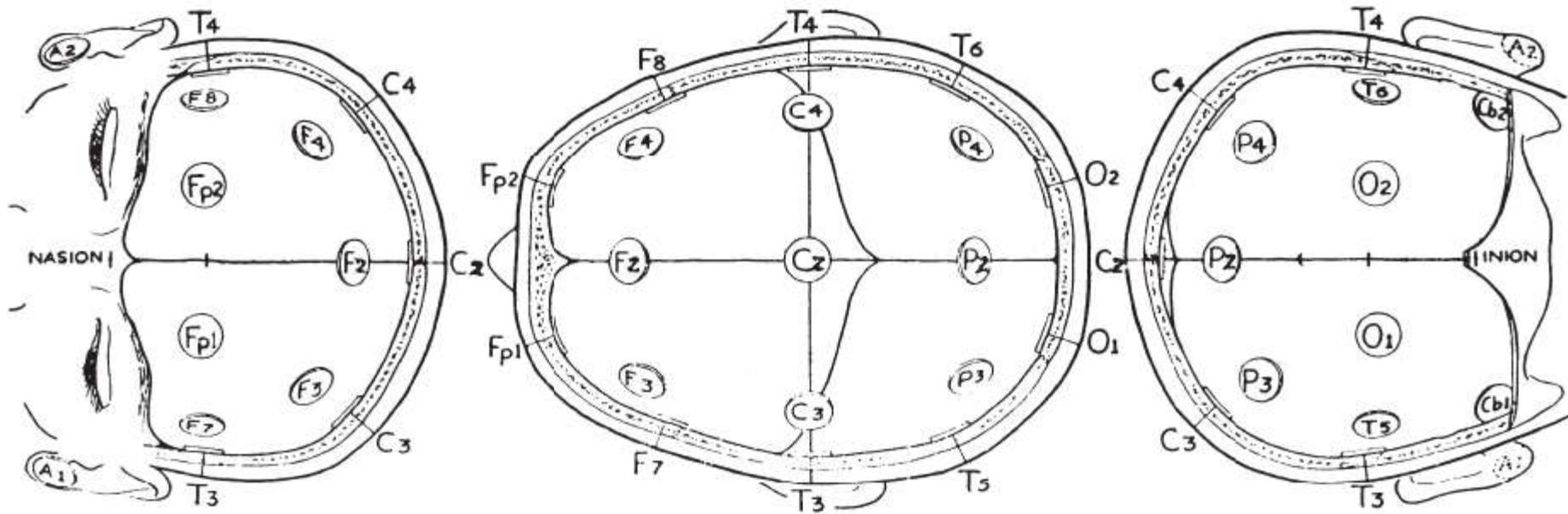
- Un **EEG standart = 21 électrodes** reliées de façon variées
- En général on suit le système des 10/20%



# Electrodes EEG

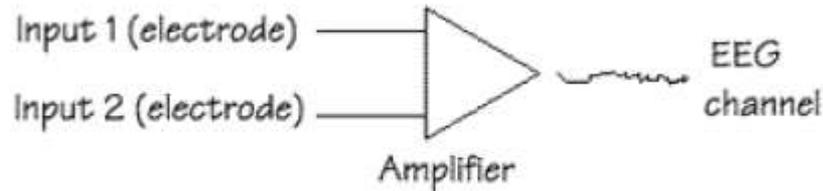
- Chaque électrode est répertoriée par **une lettre et un chiffre**
- La **lettre** = **l'aire cérébrale** sous l'électrode
  - F – Lobe Frontal et T – Temporal
- **Chiffres pairs** = côté **droit** de la tête
- **Chiffres impairs** = côté **gauche**



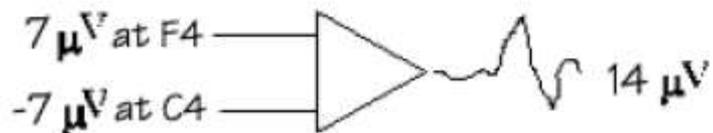
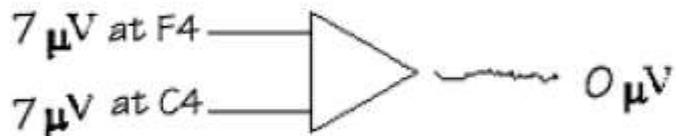
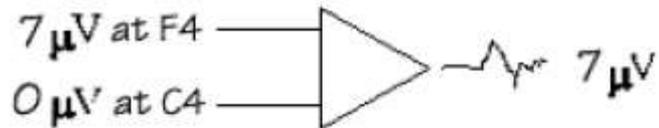


**Figure 3.** Electrodes placement in 10-20 system.

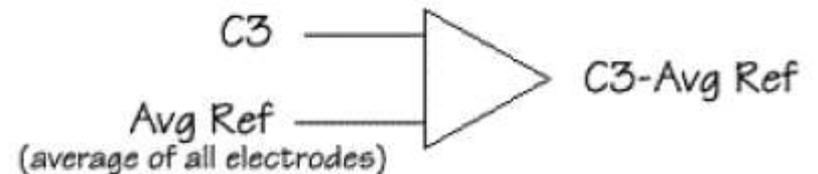
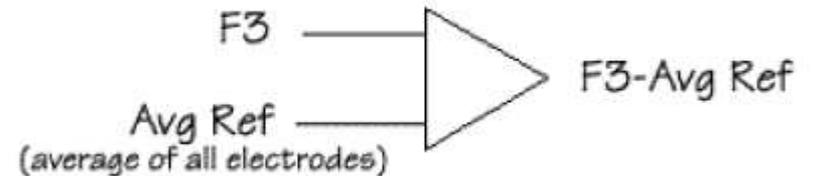
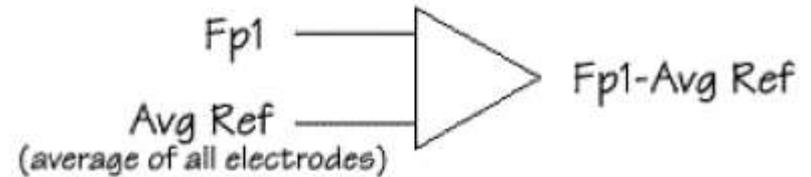
# Références et deux types d'enregistrements



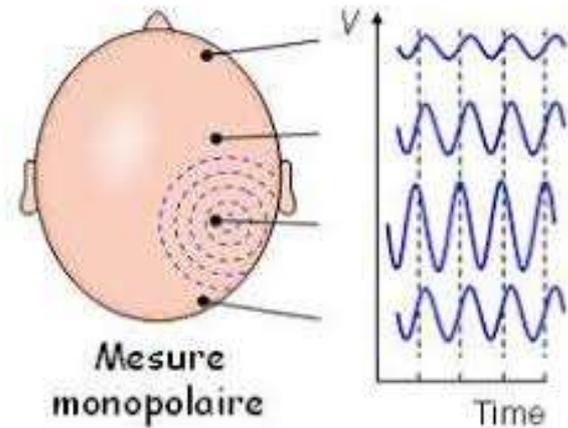
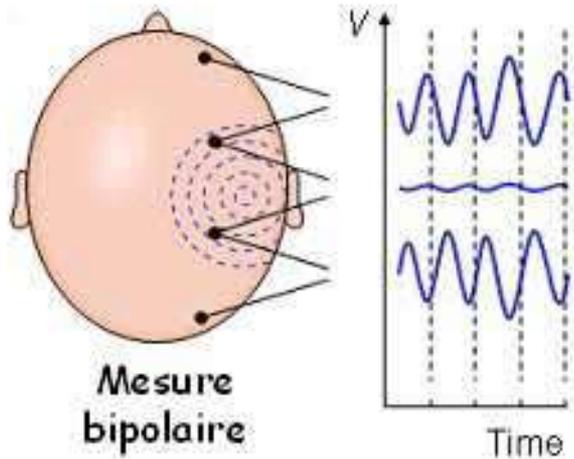
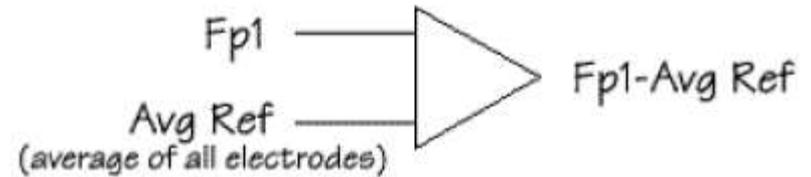
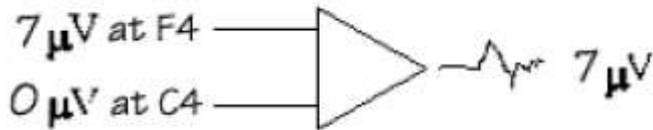
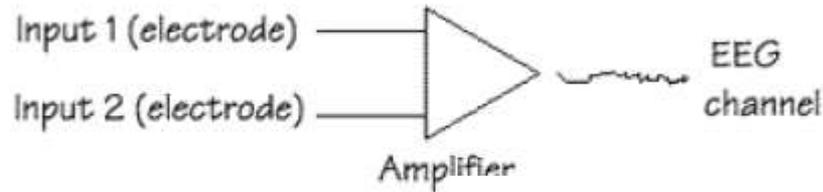
## Enregistrements bipolaires



## Enregistrements monopolaires



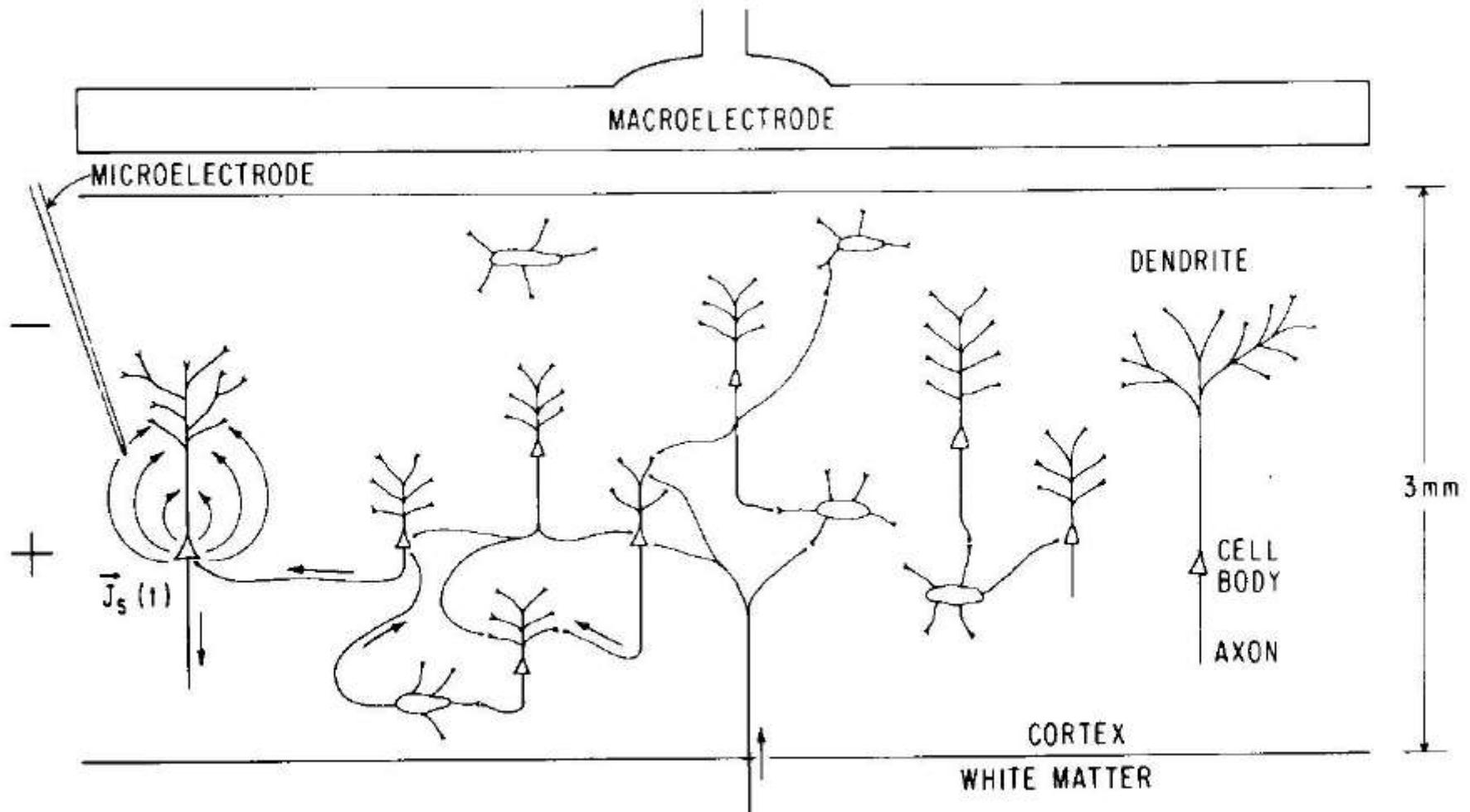
# Références et deux types d'enregistrements



# Bases physiologiques

- EEG = Mesure l'activité **électrocorticale** comme témoin de l'activité cérébrale
  - Activité générée dans les couches superficielles de la SG
  - Enregistrée à travers : boîte crânienne, cuir chevelu
    - → atténuation du signal !!
  - En plus, l'activité d'un seul neurone est trop faible pour être perçue; donc **cela représente l'activation simultanée d'un grand nombre de neurones**

# Microélectrode vs Macroélectrode

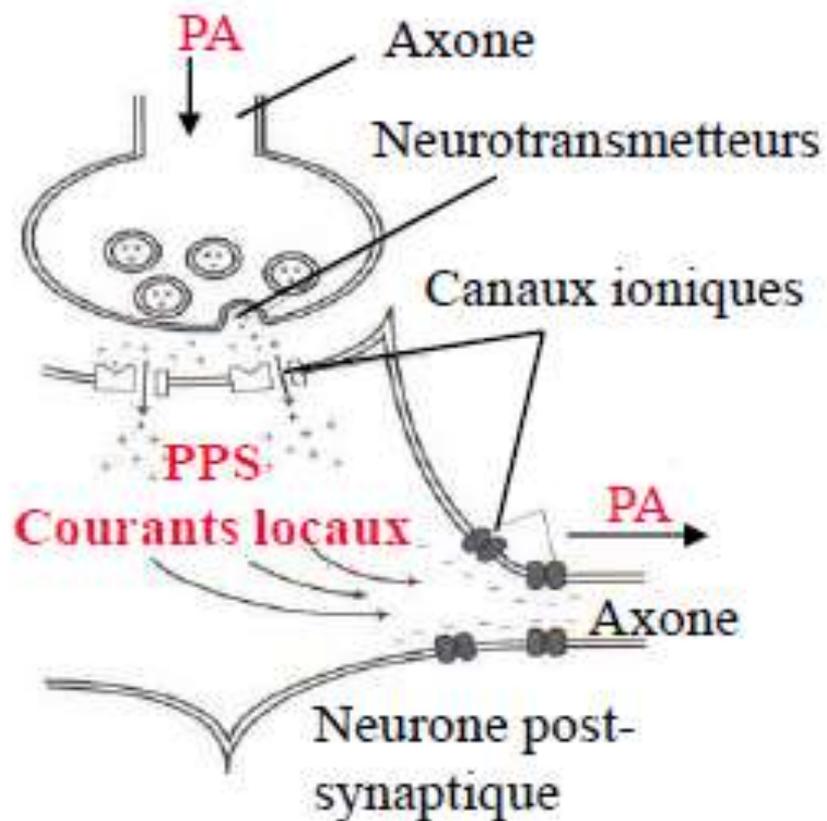


# Bases physiologiques

- Donc l'EEG résulte de la **sommation** :
  - De PPS dendritiques +
  - Des PA axonaux de dizaines de milliers de neurones

**Sommations temporelle et spatiale des potentiels post-synaptiques (PPS) des cellules pyramidales du cortex cérébral**

Neurone pré-synaptique



PA : potentiels d'action

PPS : Potentiels post-synaptique

# PA

❖ Diminution très rapide du champ de potentiel généré par PA avec distance

❖ durée PA trop brève (<5 ms)

Surface  
membranaire  
Faible

## PA

❖ Diminution très rapide du champ de potentiel généré par PA avec distance

❖ durée PA trop brève (<5 ms)

Surface membranaire  
Faible

## PPS

❖ Diminution moins rapide du champ de potentiel généré par PPS avec distance

❖ Durée + longue (qq 10aines msec)

Surface membranaire  
large

# PA

❖ Diminution très rapide du champ de potentiel généré par PA avec distance

❖ durée PA trop brève (<5 ms)

Surface membranaire Faible

# PPS

❖ Diminution moins rapide du champ de potentiel généré par PPS avec distance

❖ Durée + longue (qq 10aines msec)

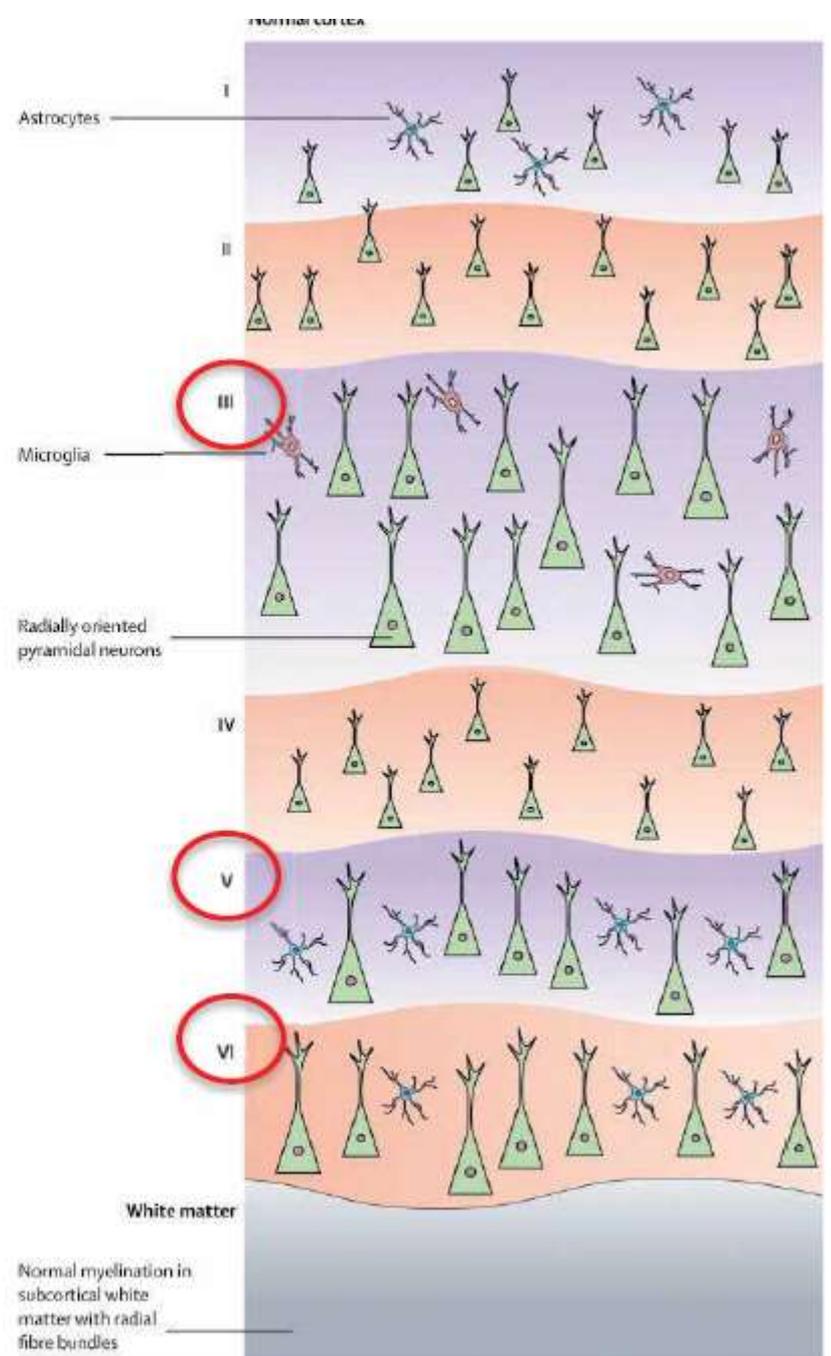
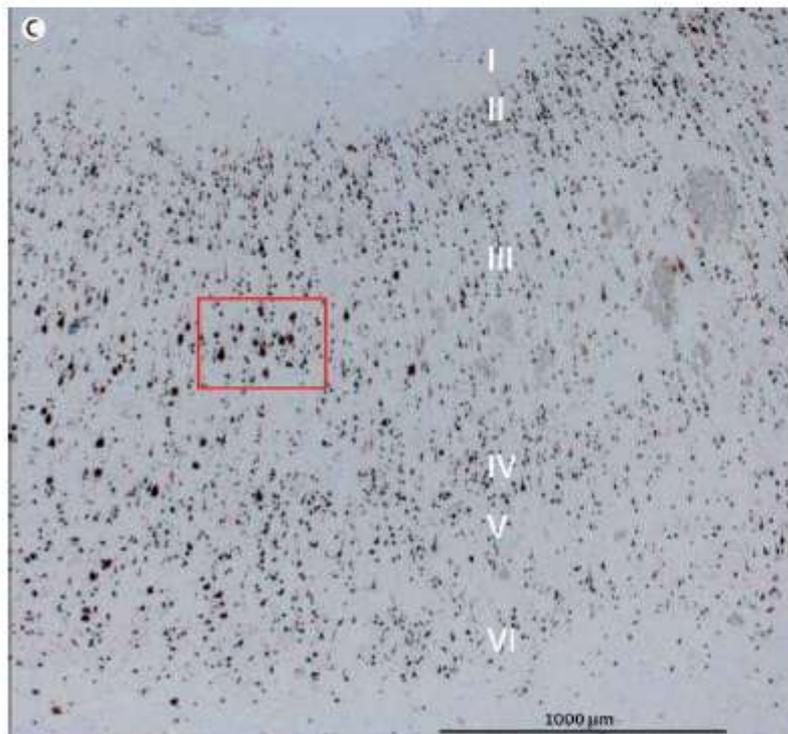
Surface membranaire large

Avantage par rapport à la distance de conduction entre sources et surface du scalp

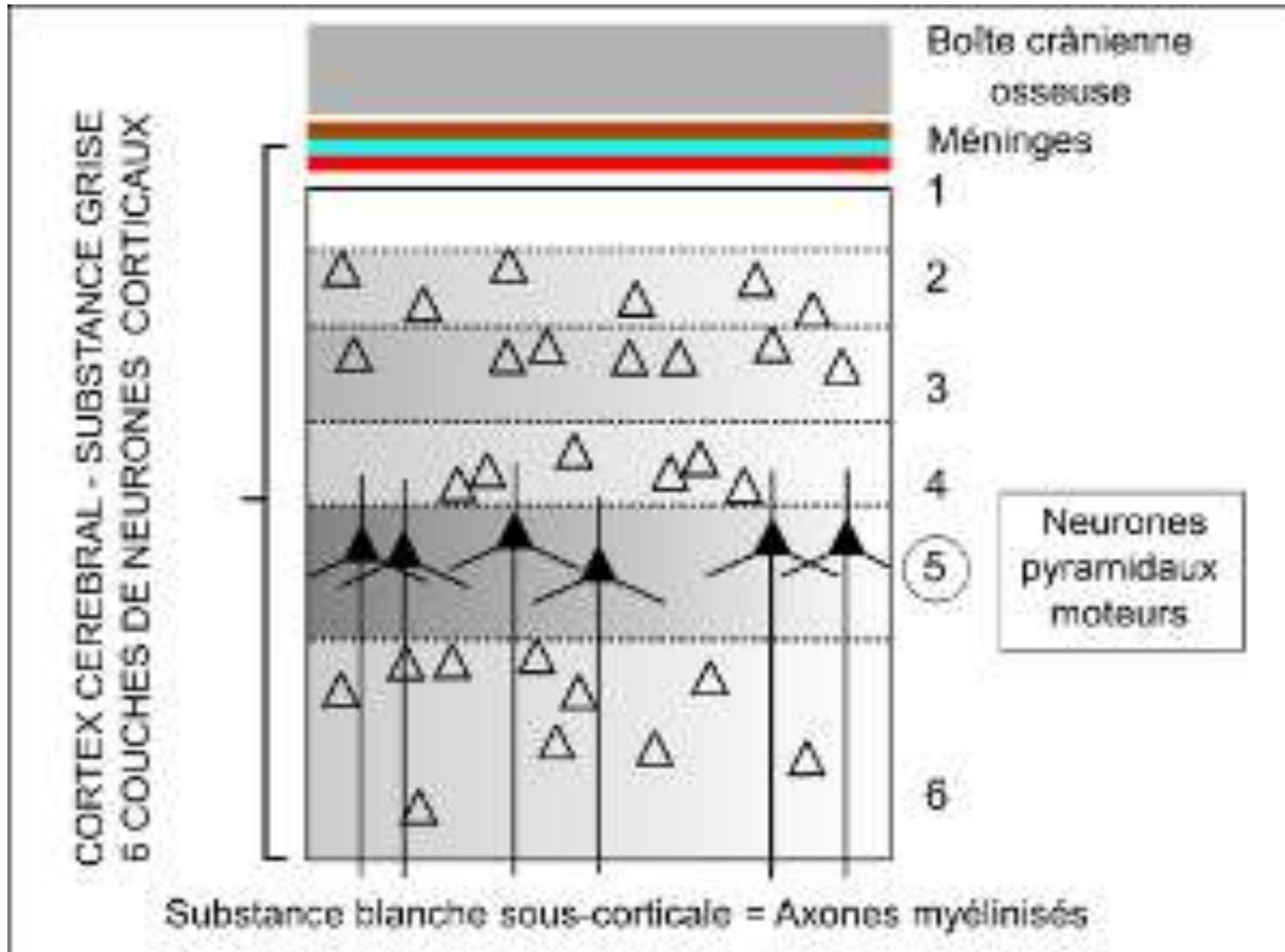
Plus favorable à la synchronisation temporelle de l'activité d'un grand nombre de neurones nécessaire à une visualisation en EEG ou MEG

# + Cytoarchitecture corticale

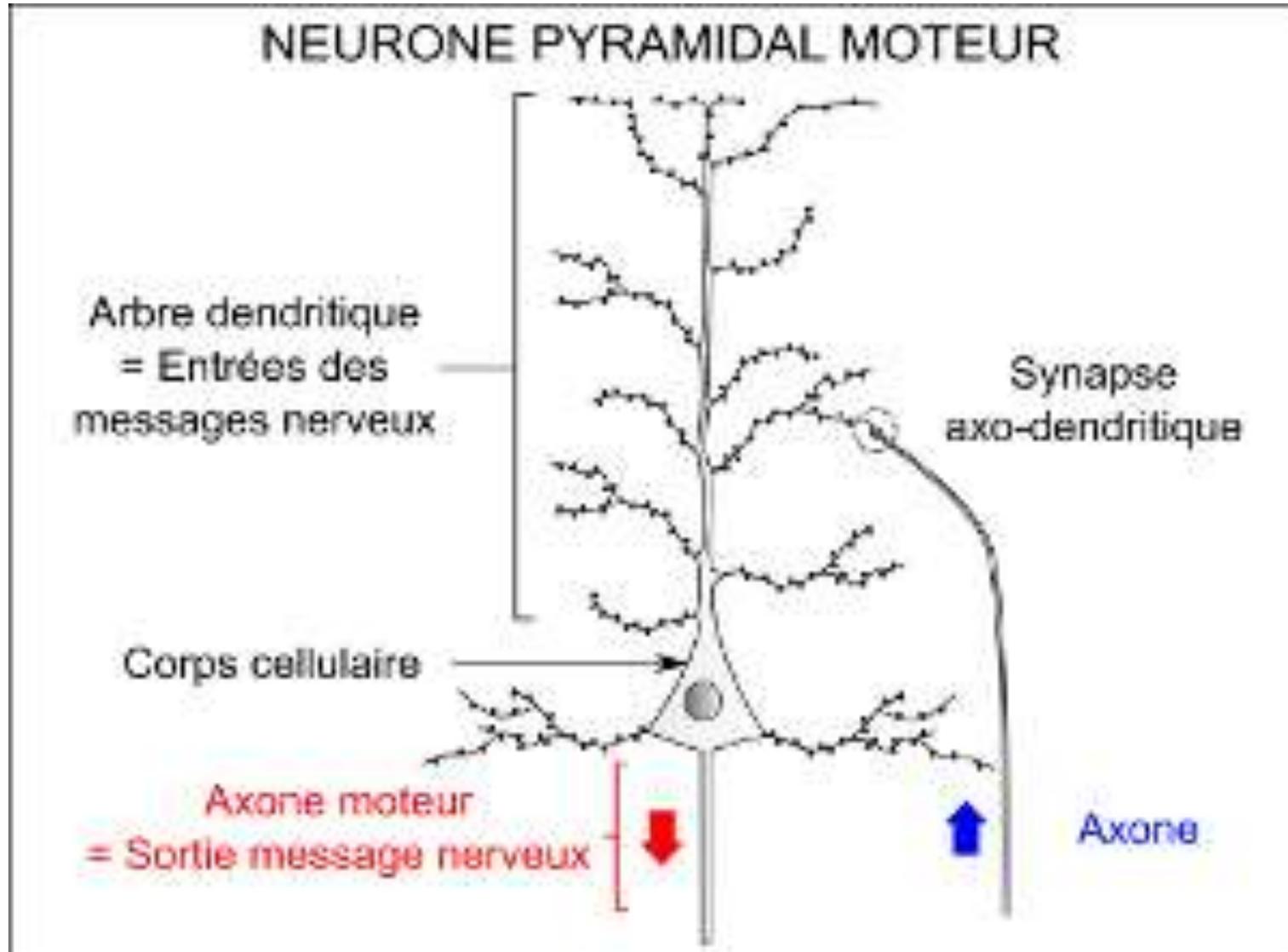
L'activité électrique enregistrée provient principalement des neurones pyramidaux des couches III, V et VI



# Neurone cortical

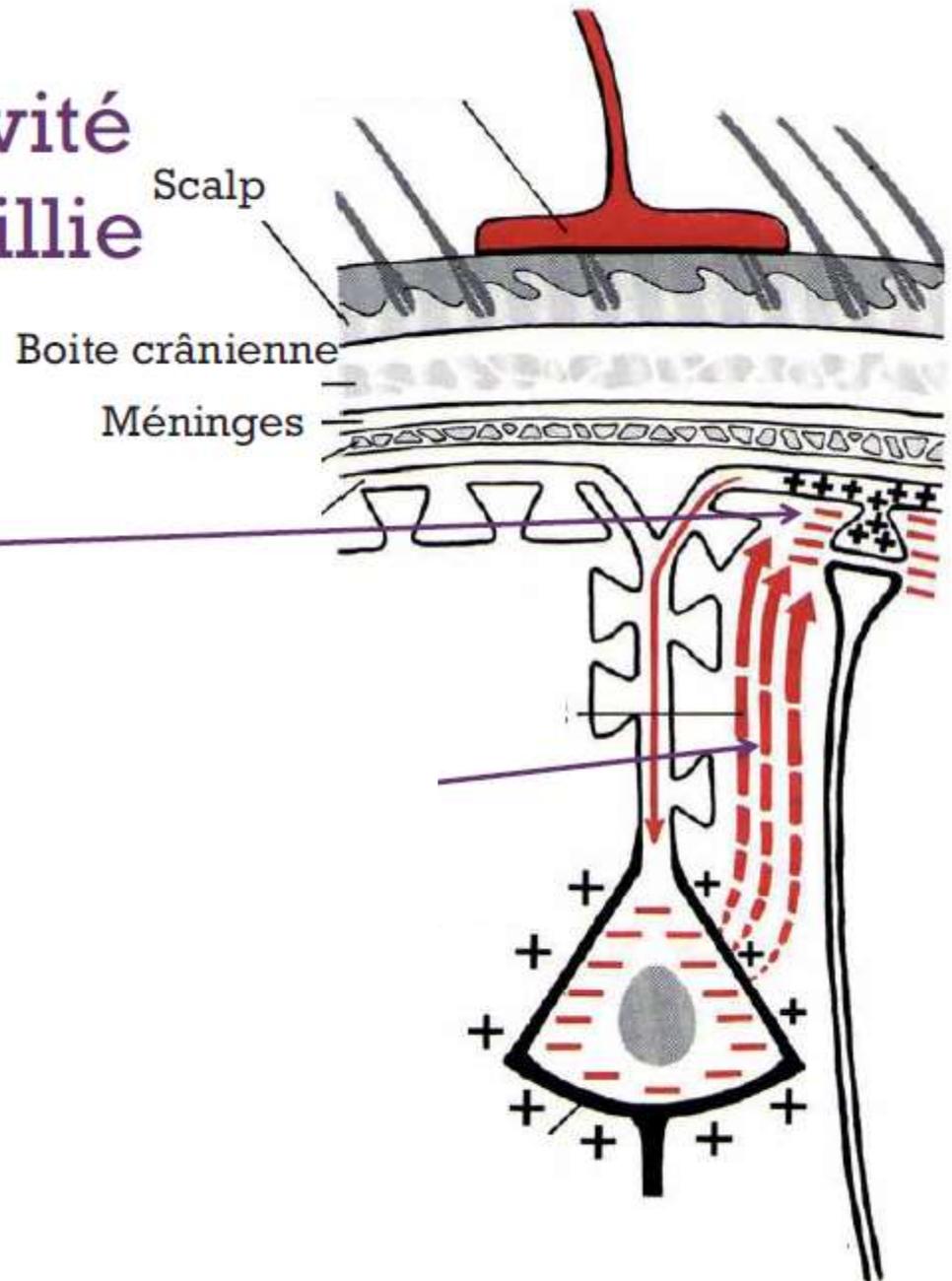


# Neurone cortical



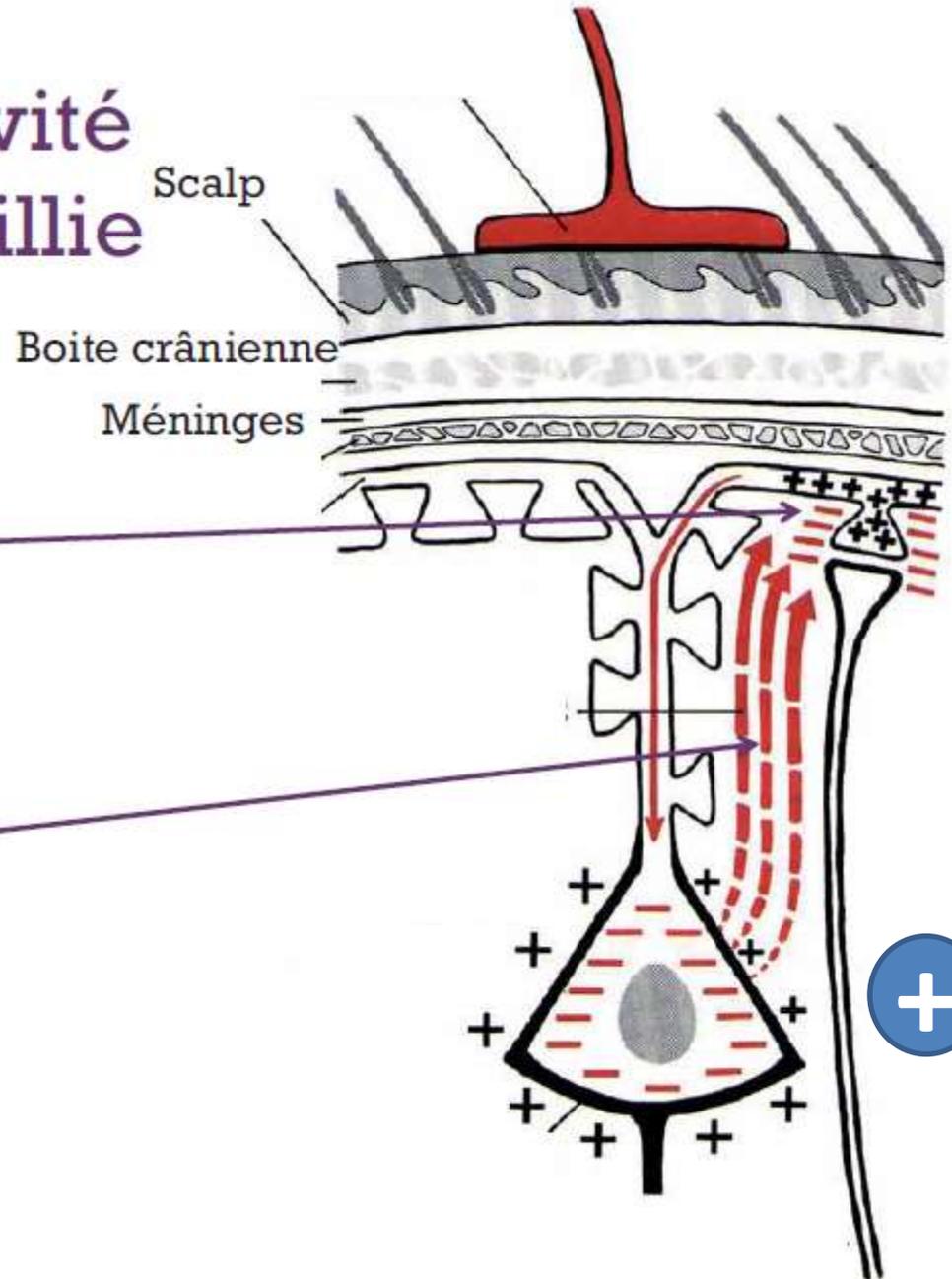
# + Origine de l'activité électrique recueillie

- La dépolarisation = entrée importante d'ions  $\text{Na}^+$  = inversion de la polarité intra/extra-cellulaire



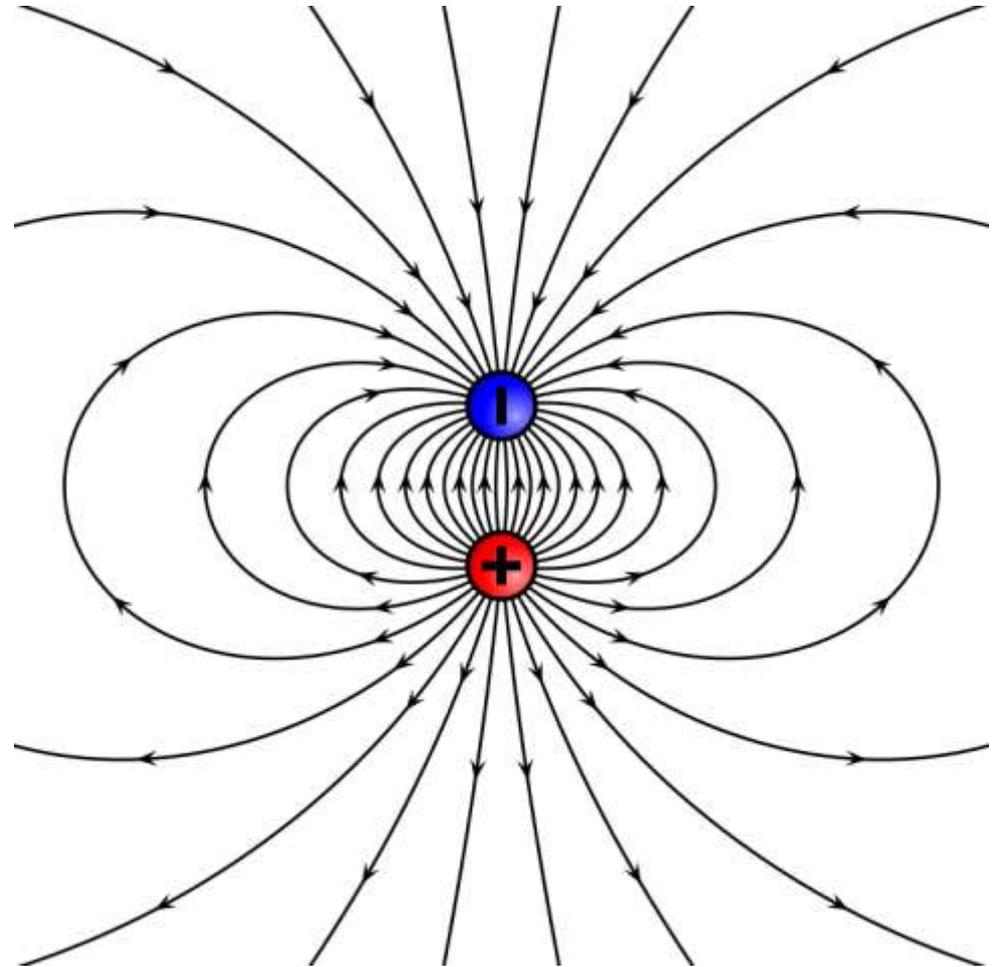
# + Origine de l'activité électrique recueillie

- La dépolarisation = entrée importante d'ions  $\text{Na}^+$  = inversion de la polarité intra/extra-cellulaire
- Dans l'espace extra-cellulaire, création d'une différence de potentiel entre la zone dendritique qui reçoit des dépolarisations et le corps cellulaire qui n'en reçoit pas



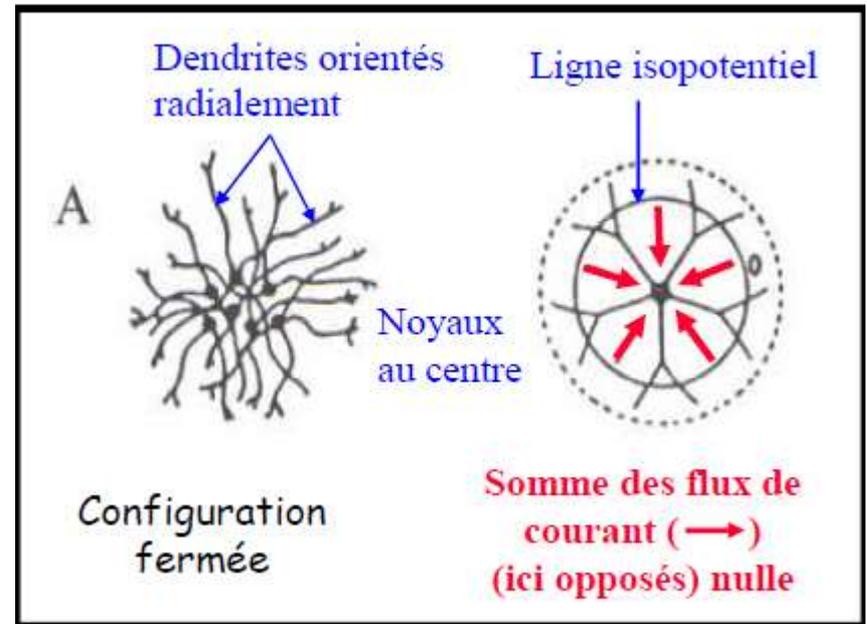
# Notion de dipôle électrique

- → Courants générés entre
- Une **source**, d'où le **courant part**
- Un **puits** où le **courant entre**
- Séparées dans l'espace

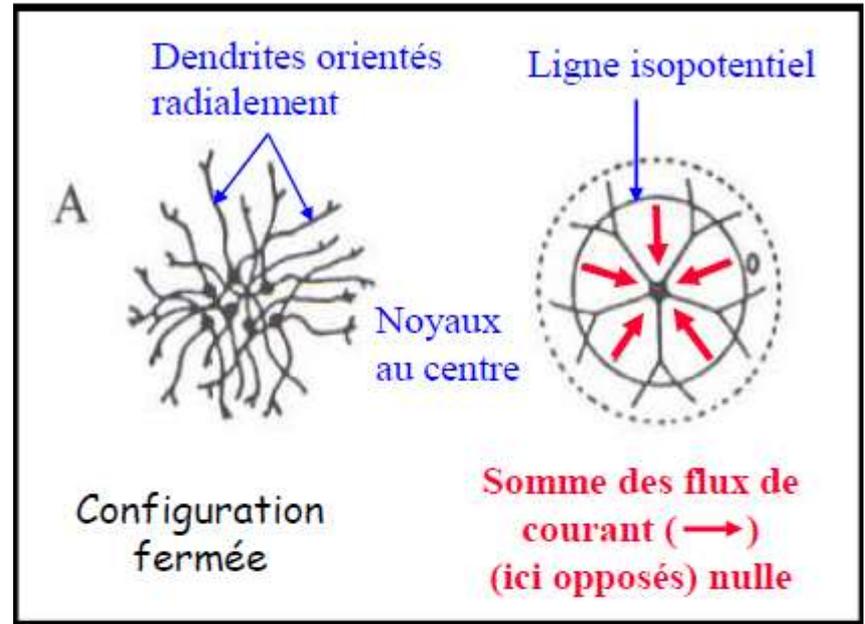


Lignes de champ électrique d'un dipôle

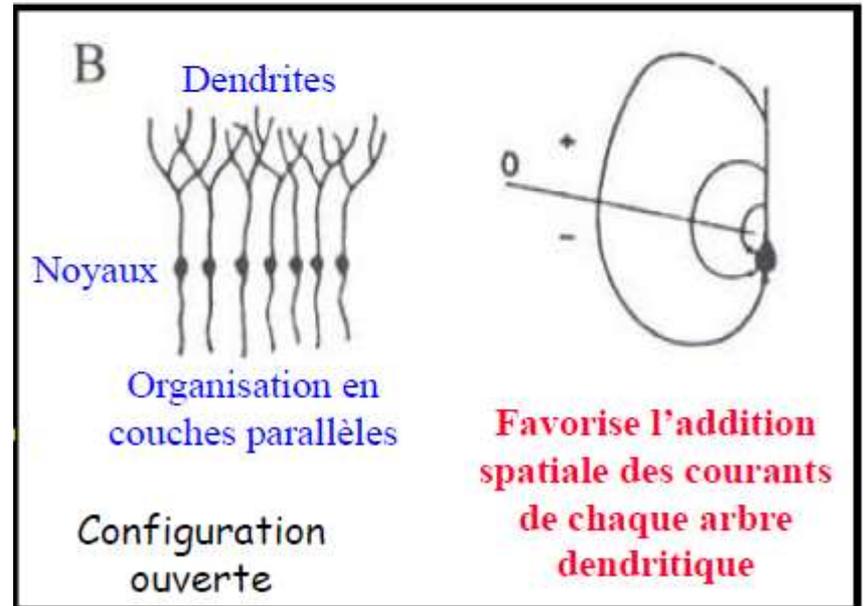
- **Neurone A** = champ dendritique rond; distances entre source et puits proches; neurones ne sont pas en parallèle → les potentiels de champs s'annulent rapidement (pcq orientés dans tous les sens) = **champ électrique fermé**



- **Neurone A** = champ dendritique rond; distances entre source et puits proches; neurones ne sont pas en parallèle → les potentiels de champs s'annulent rapidement (pcq orientés dans tous les sens) = **champ électrique fermé**

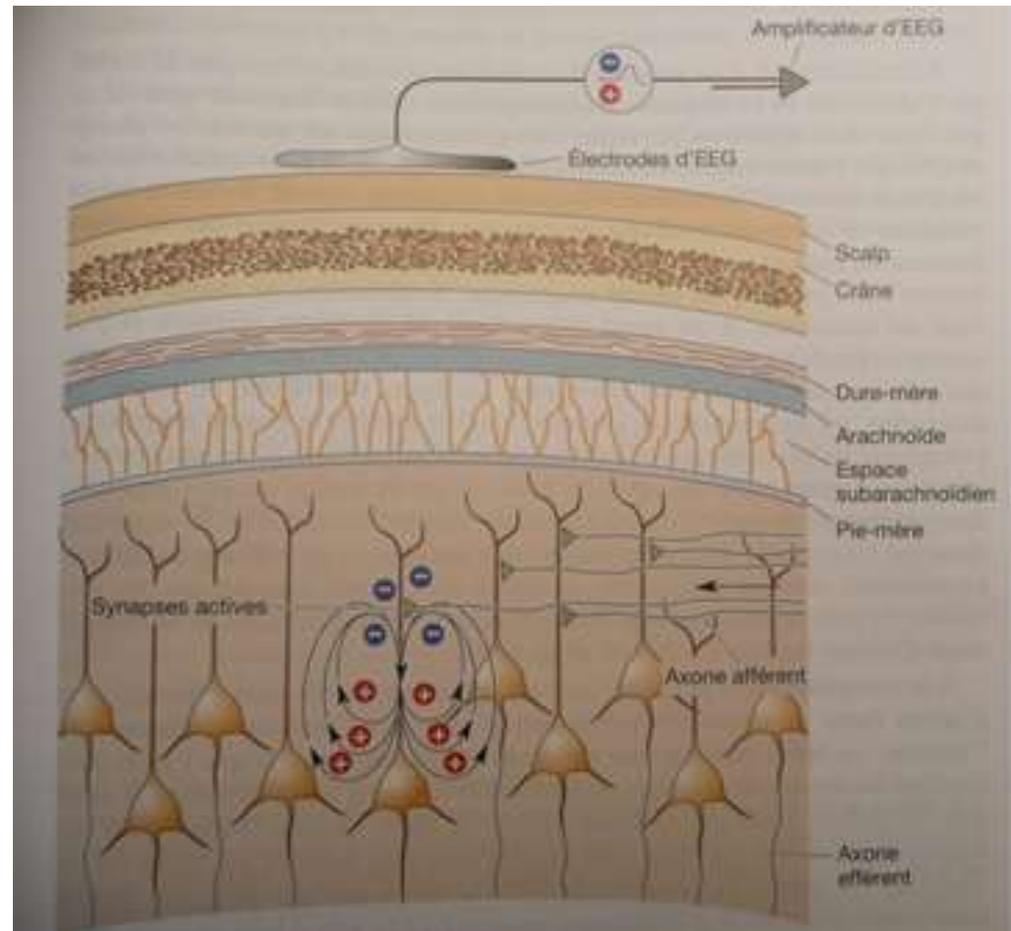


- **Neurone B** = champ dendritique radiaire; distances entre source et puits éloignées; neurones en parallèle → les potentiels de champs ne s'annulent pas (pcq tous orientés dans le même sens) = **champ électrique ouvert**



# Bases physiologiques

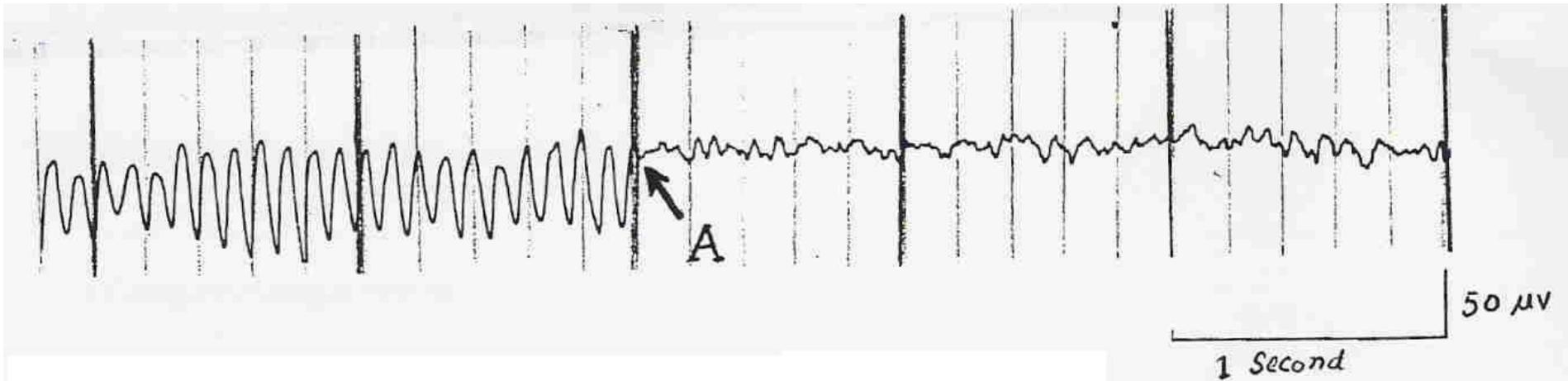
- EEG est le résultat de courants générés dans les dipôles formés par les dendrites et les somas des cellules corticales



Disposition des cellules pyramidales

# Événements EEG normaux

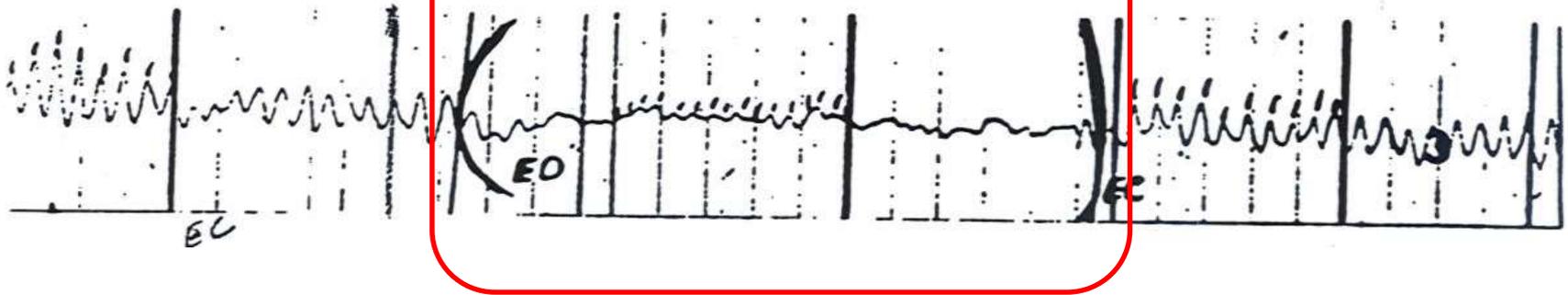
# Désynchronisation ou bloc Alpha



- Cause:
  - Ouverture des yeux (après fermeture)
  - Pensée (calcul mental)
  - Son (taper dans ses mains)

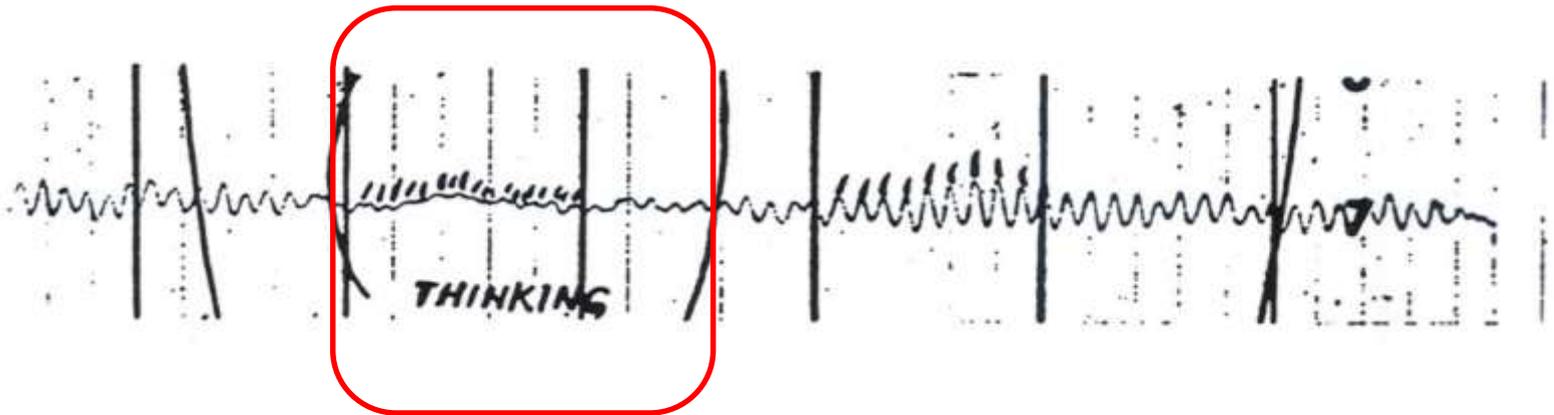
# Ouverture des yeux

- Rythme Alpha change en beta à l'ouverture des yeux (désynchronisation / bloc  $\alpha$ )



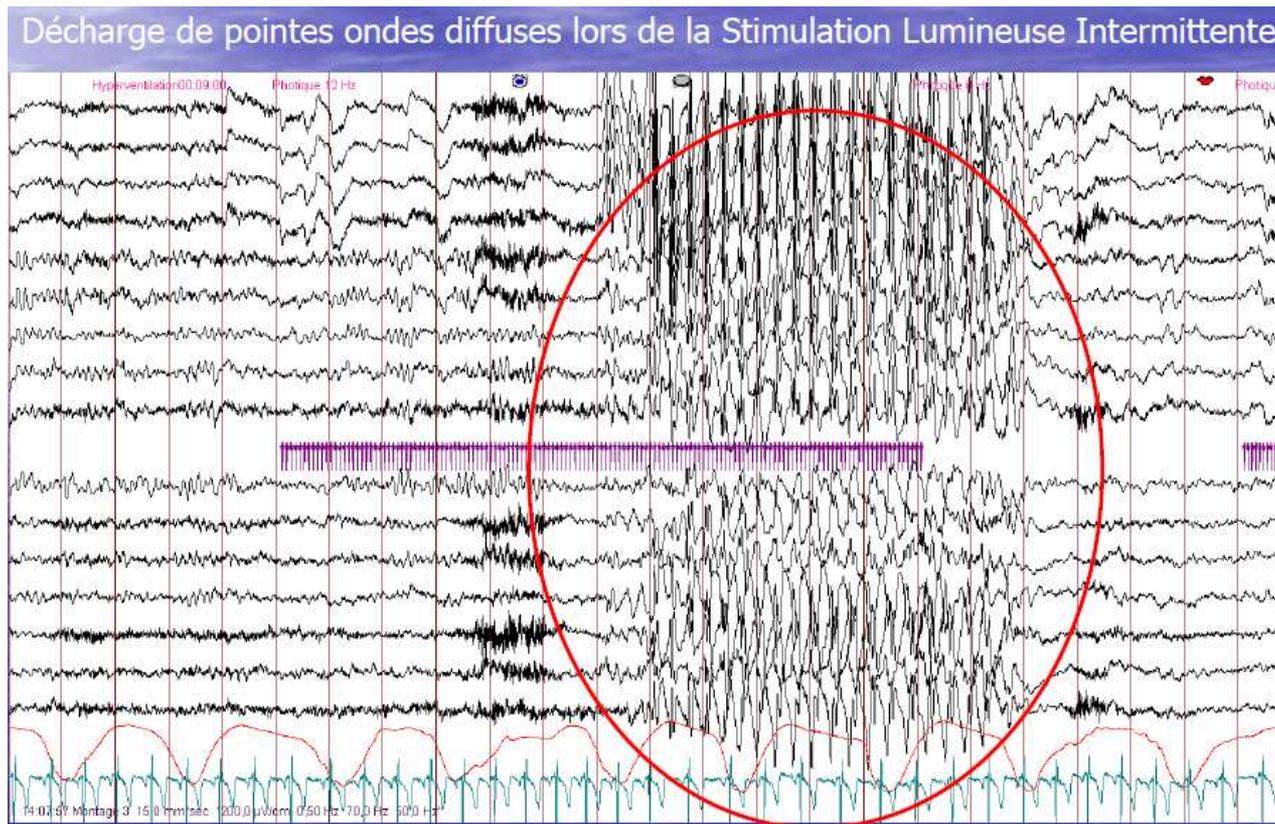
# Pensée

- Rythme bêta



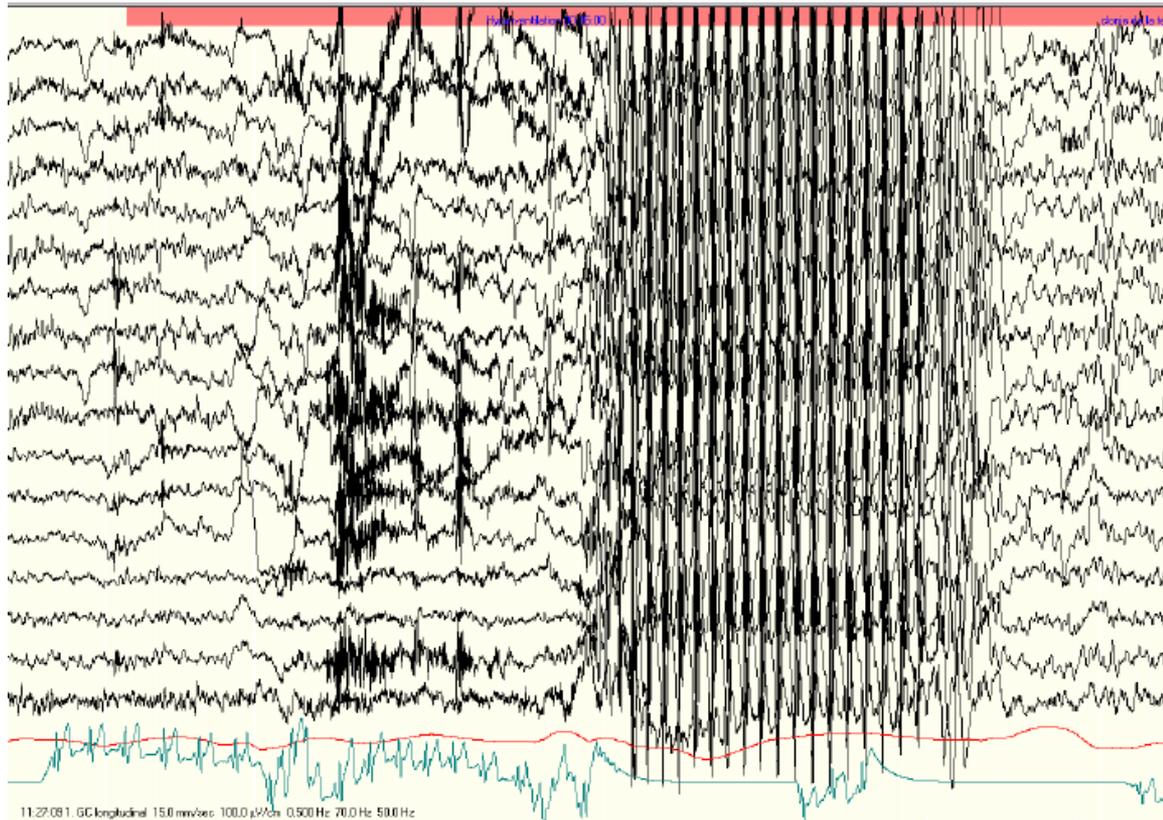
# Test EEG de bon fonctionnement

- stimulation photique intermittente
  - Aug fréquence et diminue l'amplitude



# Test EEG de bon fonctionnement

- Hyperventilation
  - Diminue la fréquence et aug l'amplitude des ondes



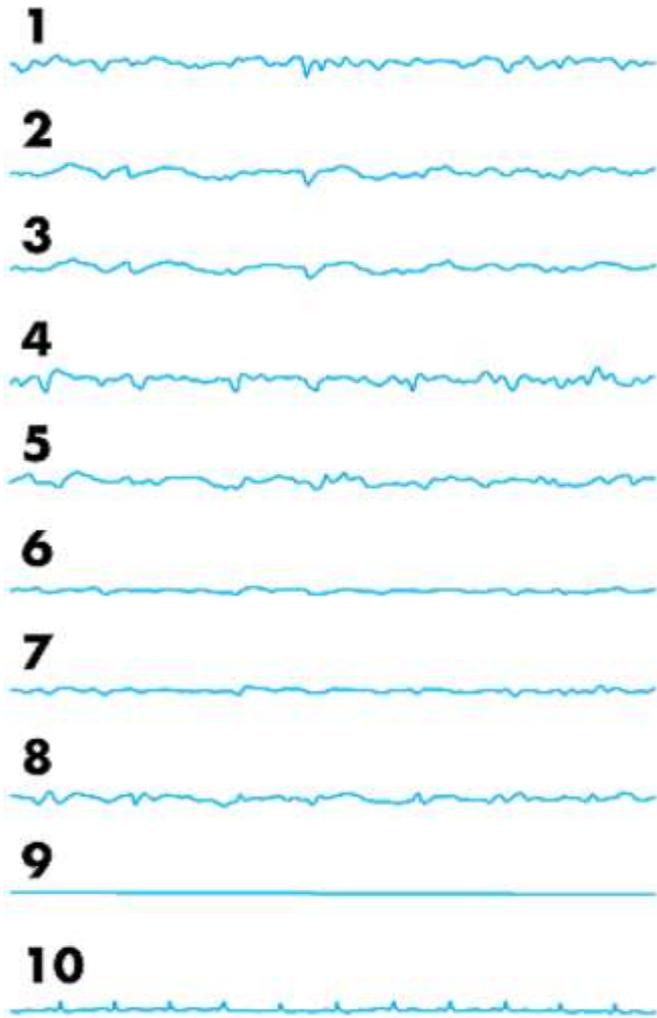
# EEG en pathologie humaine

- Sauf exception, **l'EEG ne permet pas d'établir un diagnostic étiologique**
- EEG permet une **appréciation pronostique** et un **suivi évolutif**
- **Tracé interprété en fonction de l'histoire clinique.**

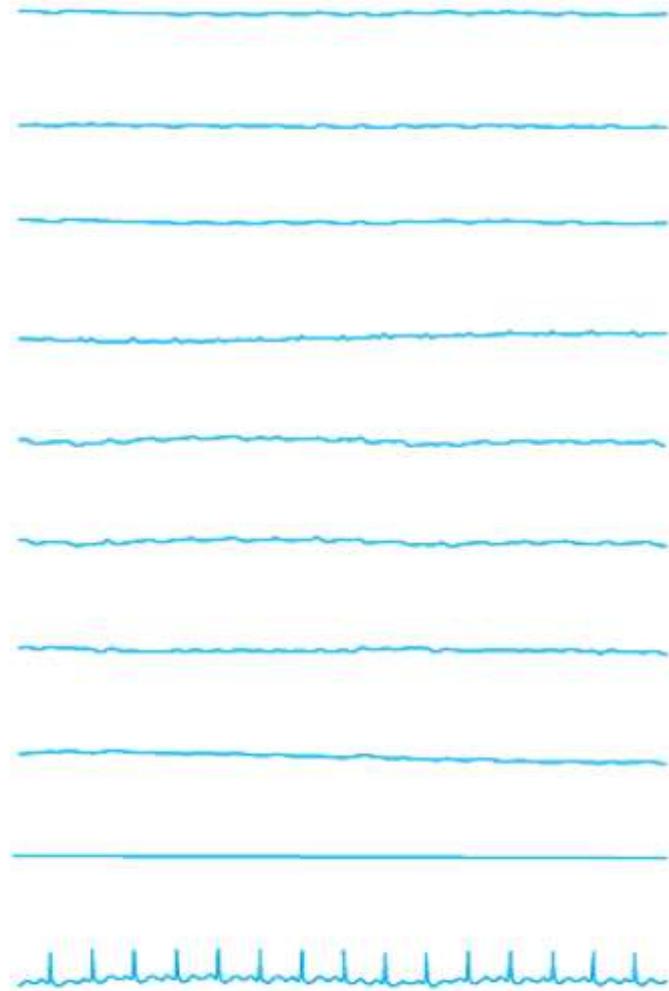
# EEG en pathologie humaine

- Epilepsie : aide objective au diagnostic
- Traumatismes crâniens
- Lésions occupant de l'espace (tumeurs, abcès, kystes)
- Accidents vasculaires cérébraux
- Pathologies inflammatoires et infectieuses
- Malformations et maladies dégénératives du cerveau
- Encéphalopathies métaboliques et toxiques
- Coma et mort cérébrale

## Coma



## Mort encéphalique

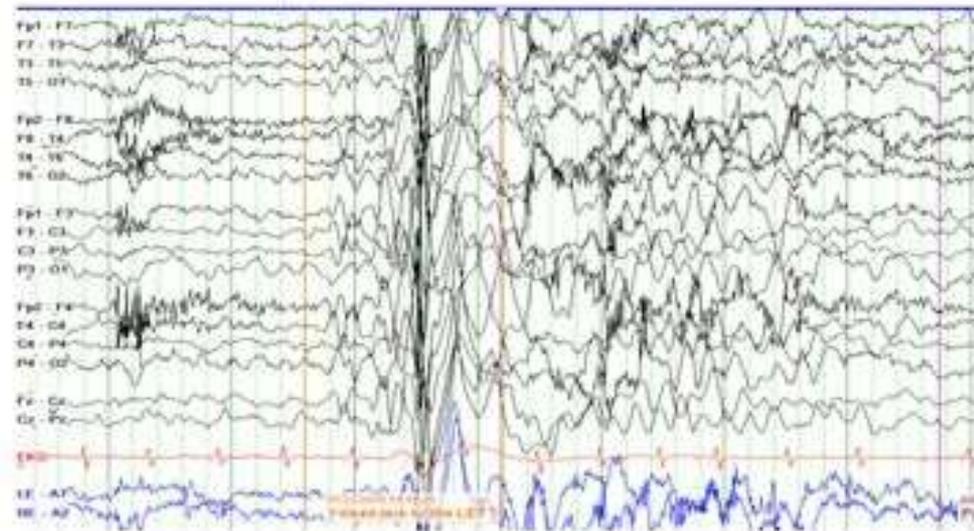


50  $\mu$ V  $\perp$   
1 sec

## Normal EEG Awake

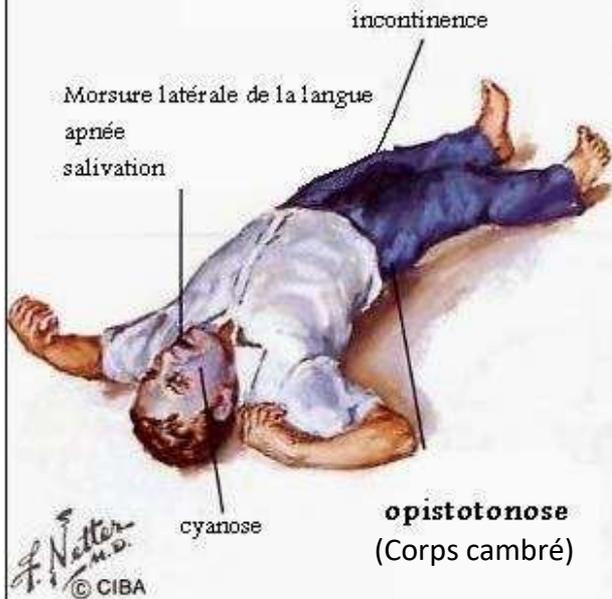


## Myoclonic Seizure

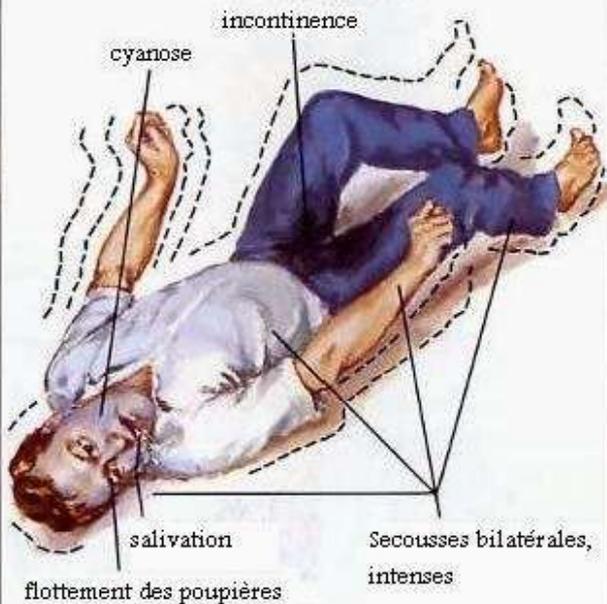


Generalisierte tonisch-klonische Anfälle

phase tonique



phase clonique



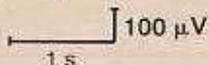
phase résolutive



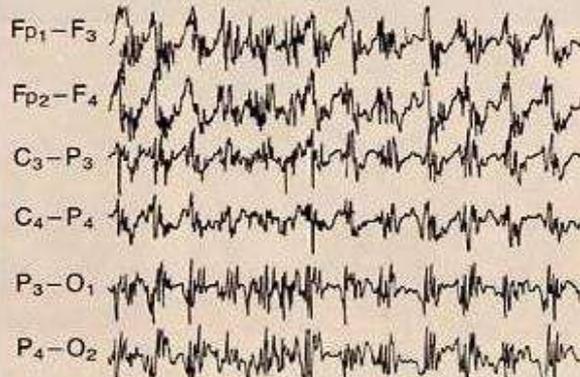
EEG: phase tonique



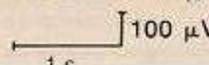
activité rapide



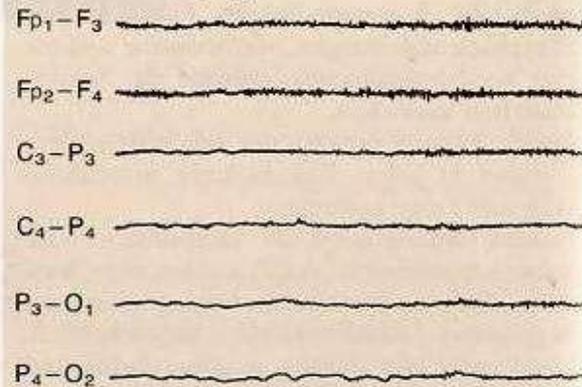
EEG: phase clonique



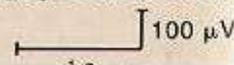
polypointes et polypointes-ondes



EEG: phase résolutive

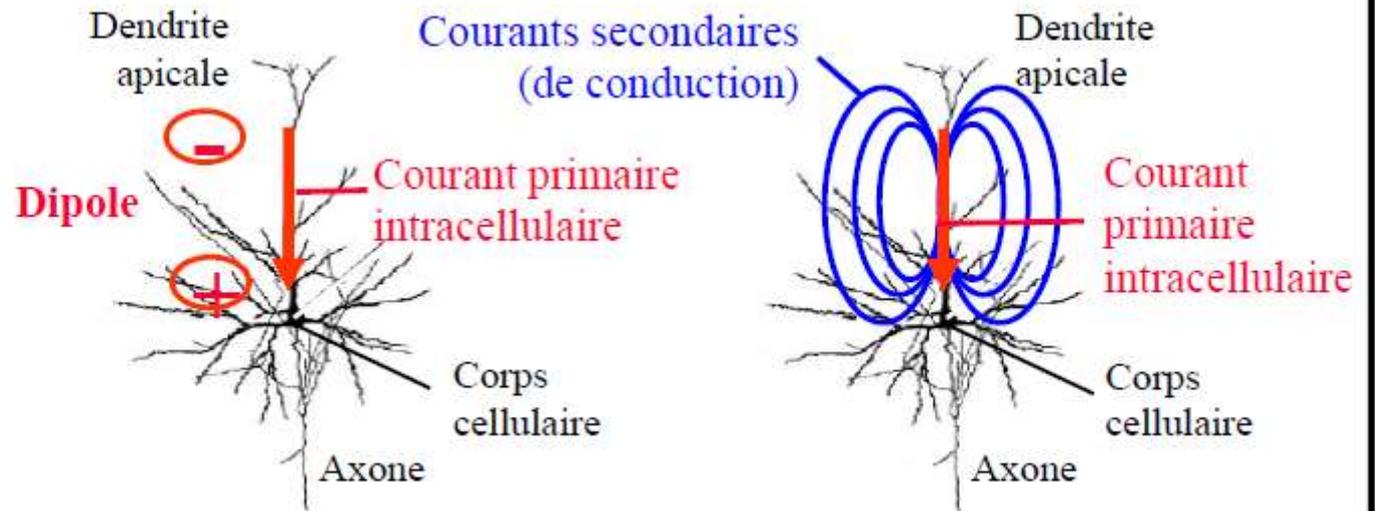


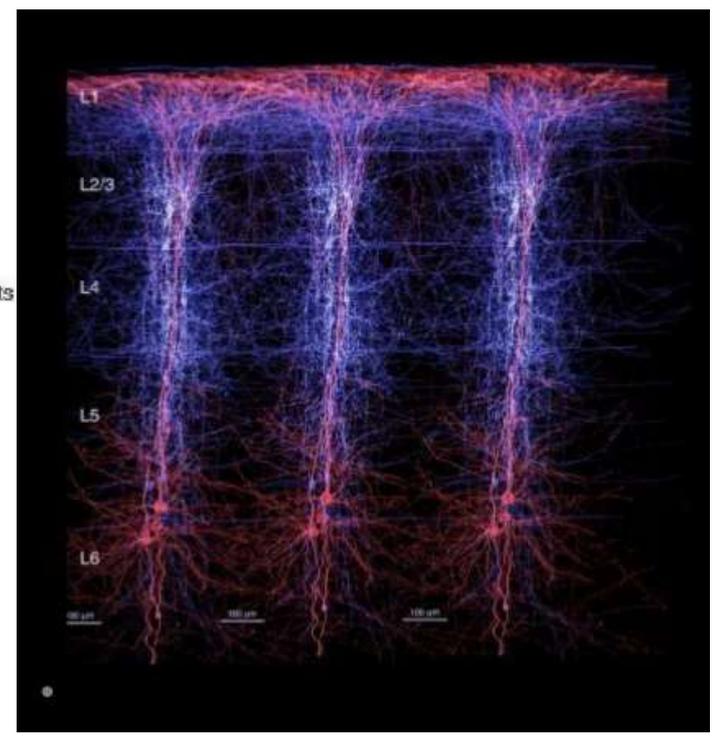
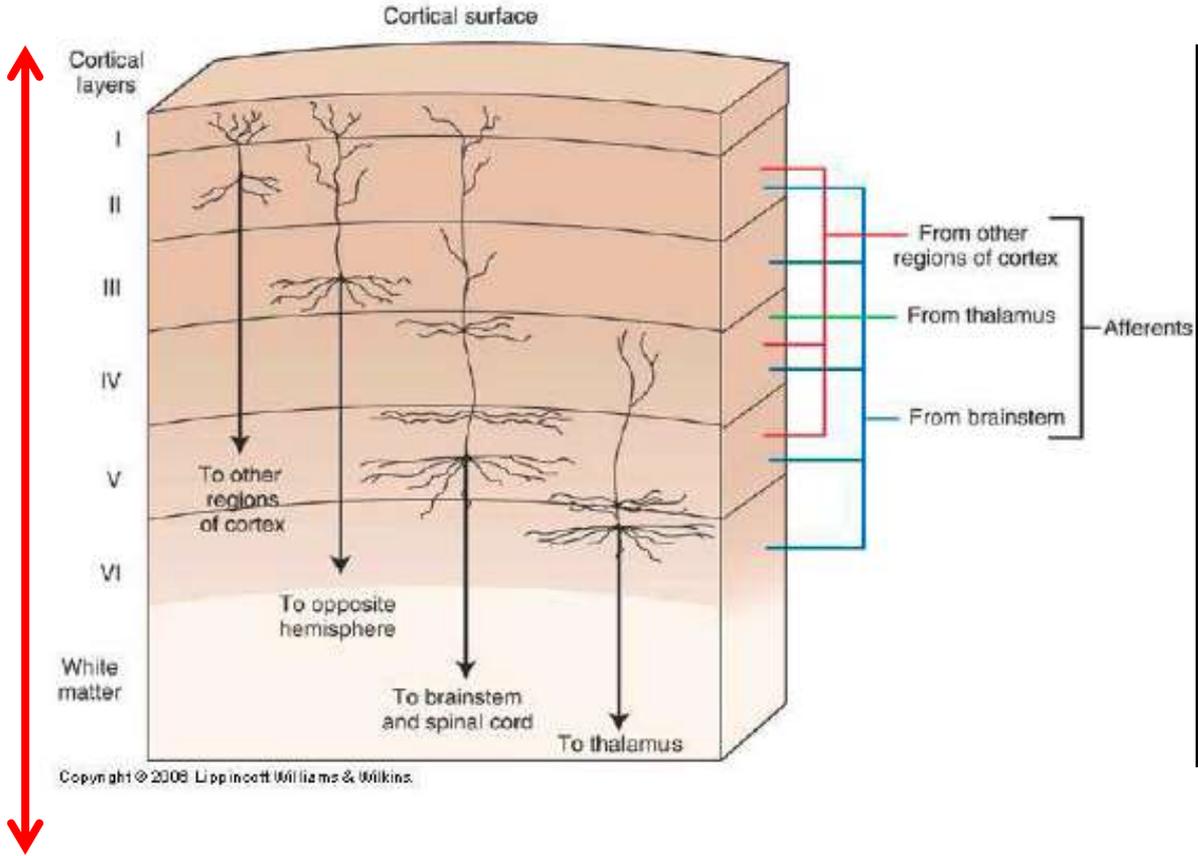
ondes lentes



- FIN

**Cellule  
pyramidale et  
courants  
microscopiques**

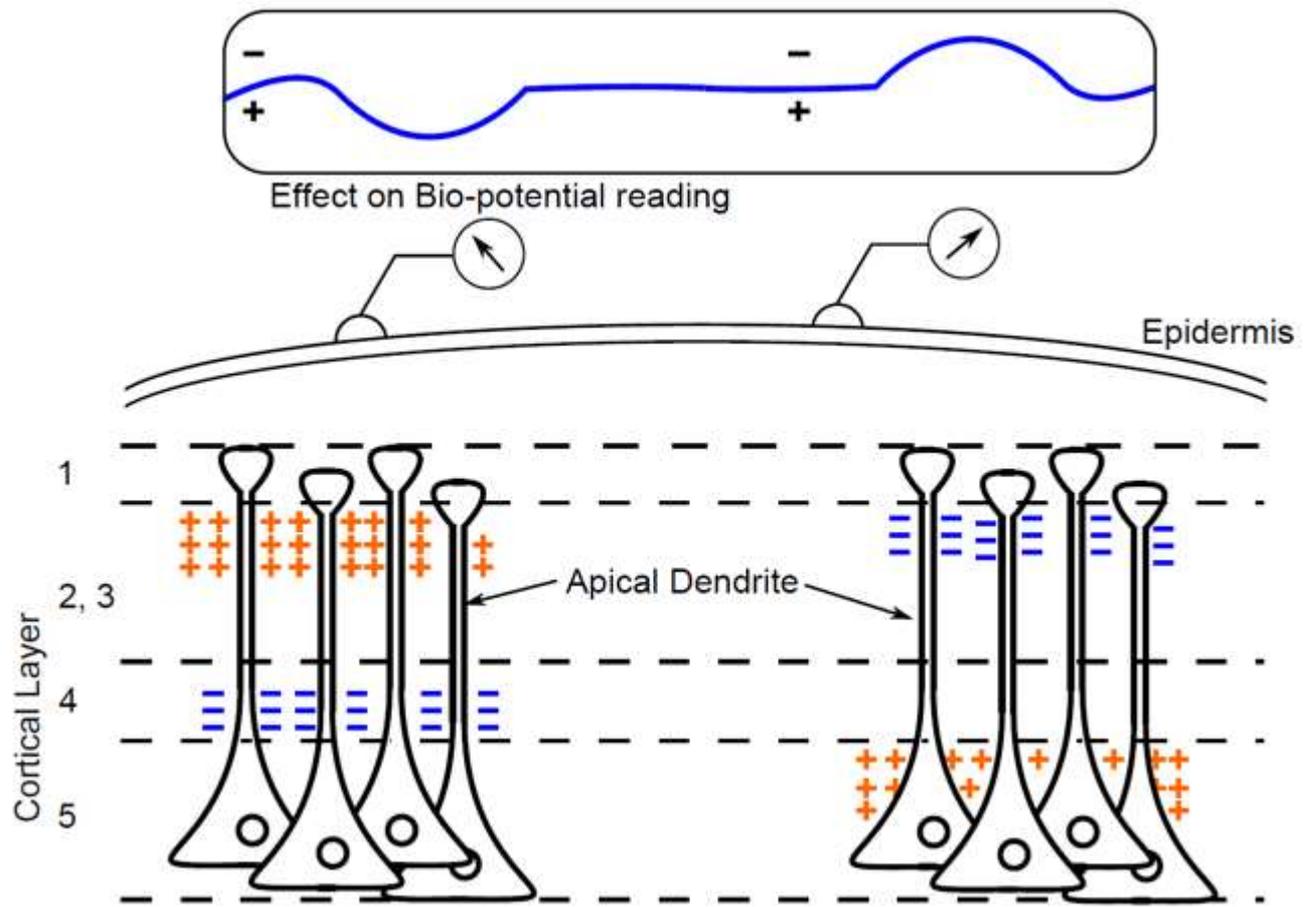




# Objectifs

Ce cours a pour objectifs de transmettre à l'étudiant(e) les notions suivantes :

- Définition de la méthode
- Modalités pratiques de l'exploration EEG standard
- Bases physiologiques
- Définition des rythmes EEG et des méthodes d'activation
- EEG standard normal
- EEG en pathologie humaine



# Electroencéphalogramme (EEG)

- Amplifiés et filtrés, les signaux EEG sont transcrits :
  - soit immédiatement sur papier (vitesse de 15 mm/s , **EEG standard** ou analogique.) Ils sont alors figés et ne peuvent être traités à posteriori ;
  - soit convertis en signaux numériques (**EEG numérisé**) permettant une analyse à posteriori, stockage, édition ultérieure, transmission à distance en temps réel ou différé.