Dispositifs Médicaux de Mesure des signaux physiologiques

Pr. Norbert Noury

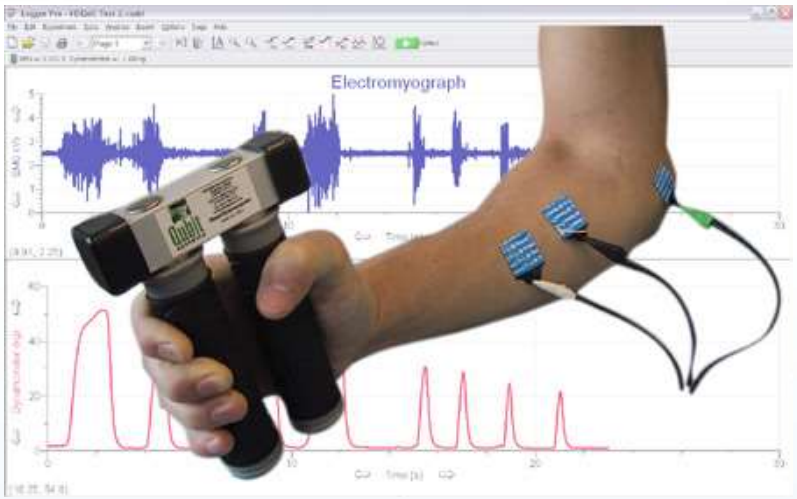


3
Mesure des biopotentiels

3A- Les électrodes

Les mesures bioélectriques nécessitent des électrodes

EMG



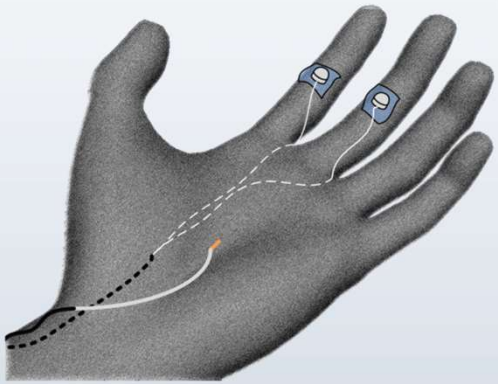
ECG



EEG



GSR



EOG



Impédance



Les électrodes

Anions et cations en mouvement dans le corps → courant de nature ionique

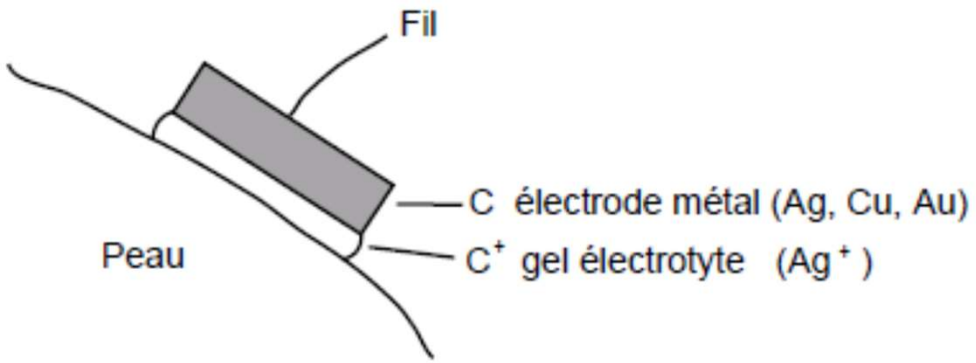
// flux d'électrons dans le fil de l'électrode → courant de nature électronique

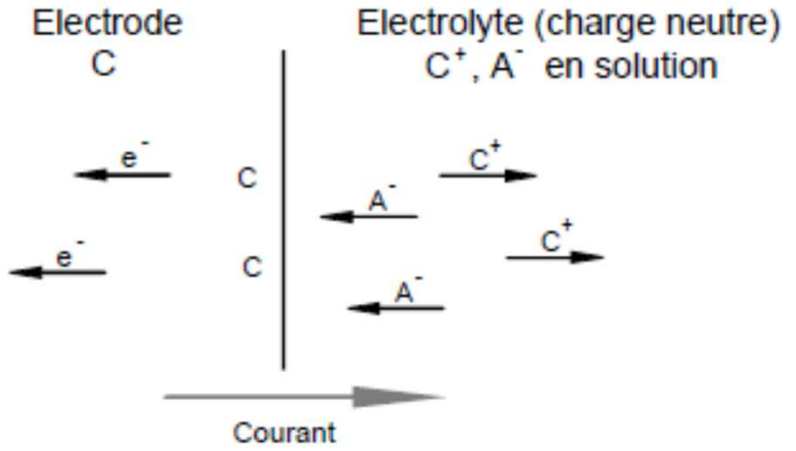
Électrode = transducteur qui Interface le corps et le dispositif de mesure

L'électrode n'est pas une simple impédance !

L'électrode est un générateur de tension (PILE) !

Les électrodes pour Biopotentiels





- L'électrode est formée :
  - couche métallique (C) reliée au dispositif de mesure par un fil.
  - électrolyte (gel) sépare l'électrode de la peau : substance en solution capable de conduire un courant par le mouvement de ses ions.
- Un courant électrique traverse l'électrode en direction de l'électrolyte:
  - flux d'électrons dans le métal qui circulent dans la direction opposée au courant,
  - cations (C+) se déplaçant dans l'électrolyte dans la direction du courant,
  - anions (A-) avançant dans l'électrolyte dans le sens opposé au courant.

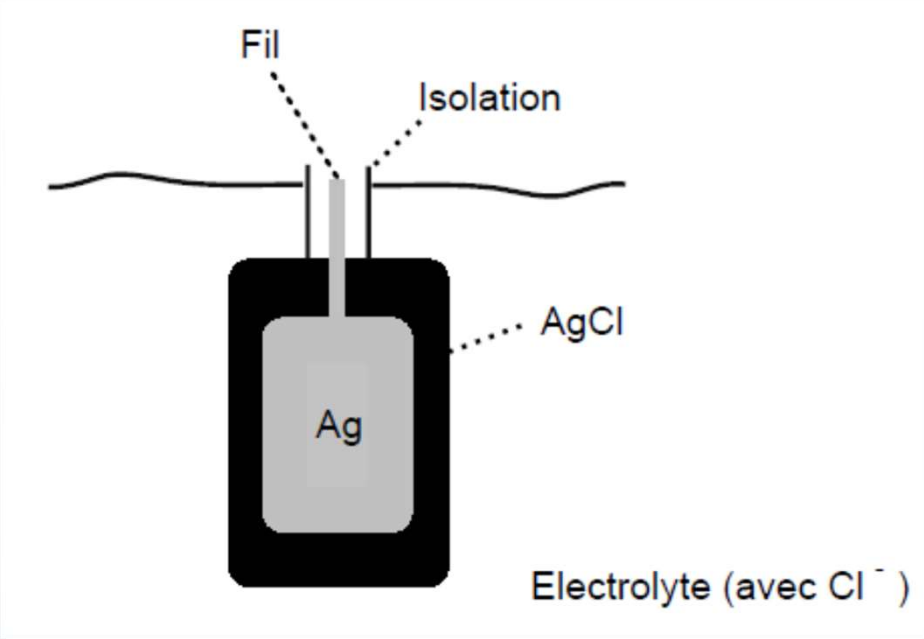
Electrodes polarisées et non-polarisées

- Electrodes polarisées :

les charges ne traversent pas l'interface électrode-électrolyte lorsqu'un courant est appliqué. L'électrode peut donc être modélisée par une capacité.

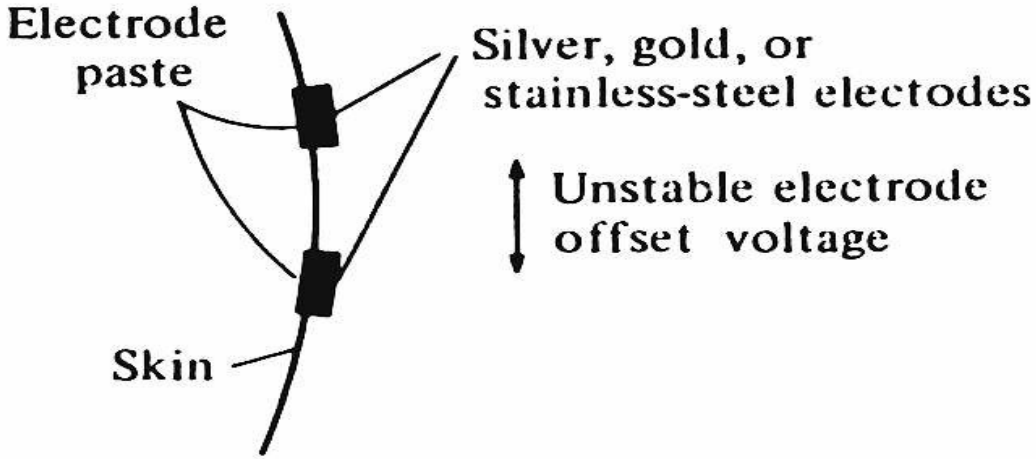
- Electrodes non polarisées :

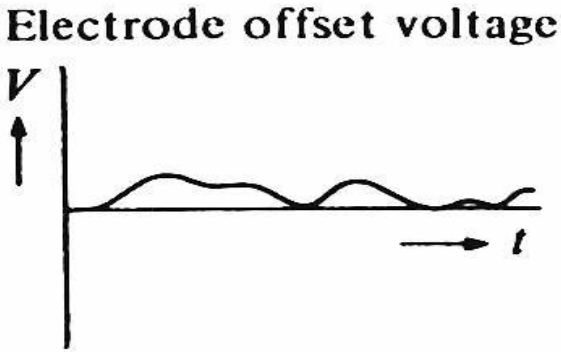
le courant passe librement à travers l'interface électrode-électrolyte. Ces électrodes peuvent être modélisées par une résistance. Les électrodes non polarisées sont moins sensibles au mouvement des électrodes.

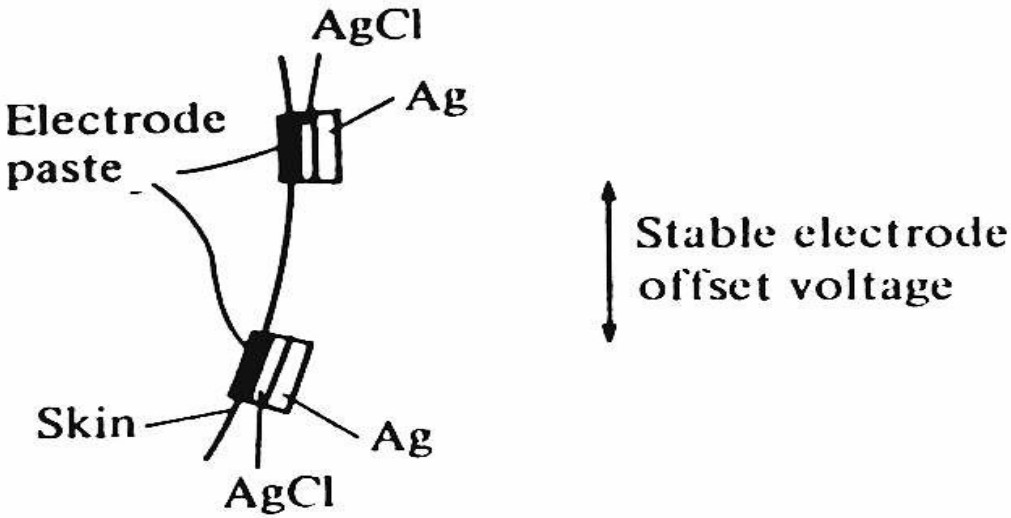


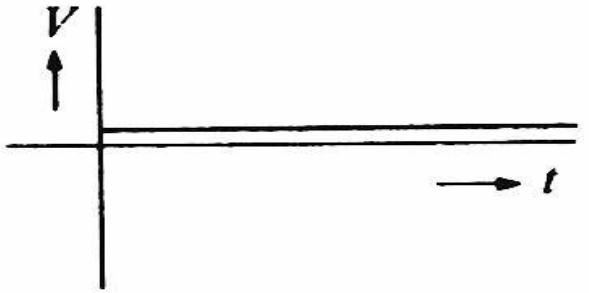
L'électrode Ag-AgCl est l'exemple usuel de l'électrode non polarisée

Electrode polarisée/non polarisée

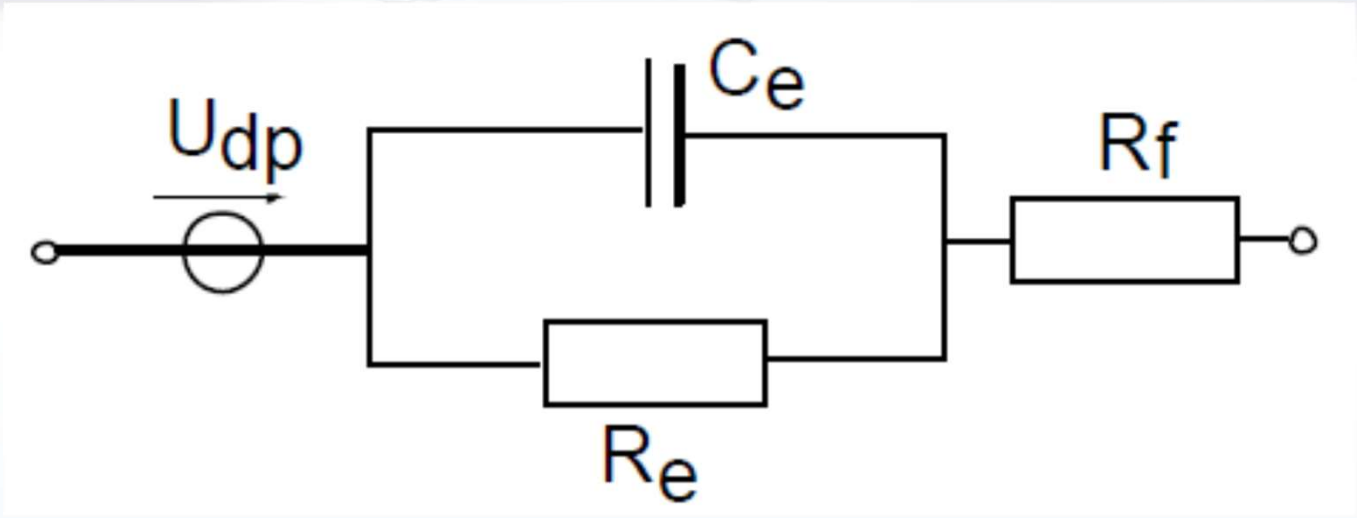








Modélisation de l'électrode



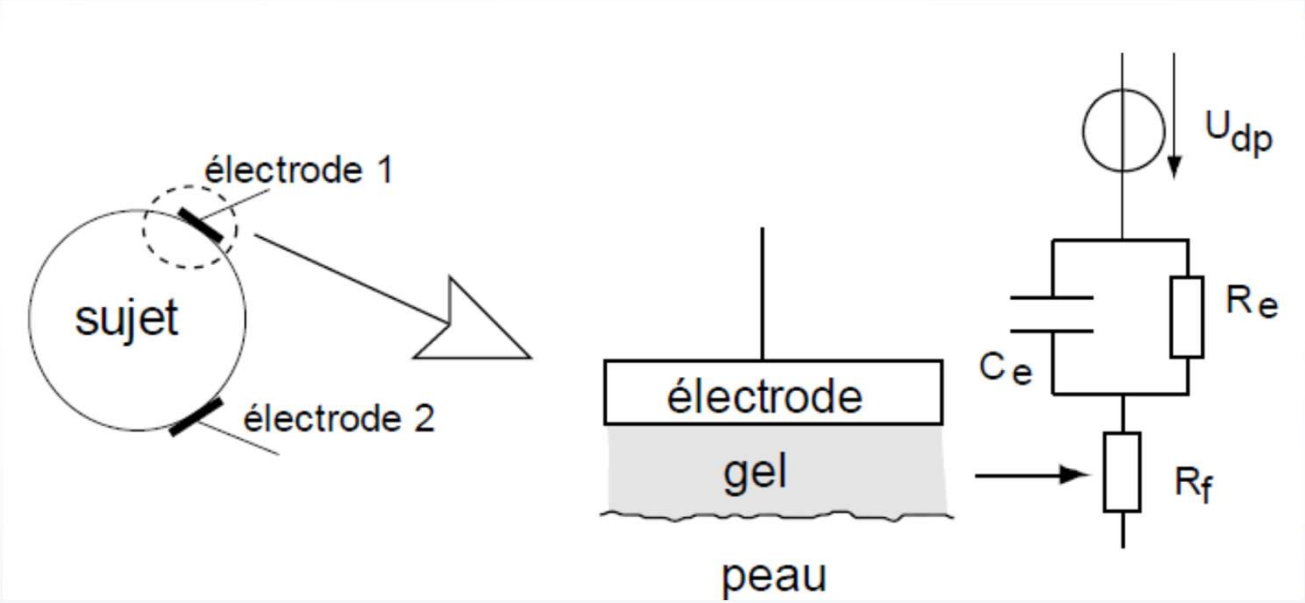
Udp : le potentiel de demi-pile.

Ce et *Re* : la capacité et la résistance de l'interface électrode-électrolyte.

Rf : l'ensemble des effets résistifs agissant comme une résistance en série (résistance de la couche de gel de l'électrolyte et du fil de connexion).

Impédance de l'électrode: Ze = Re // Ce + Rf

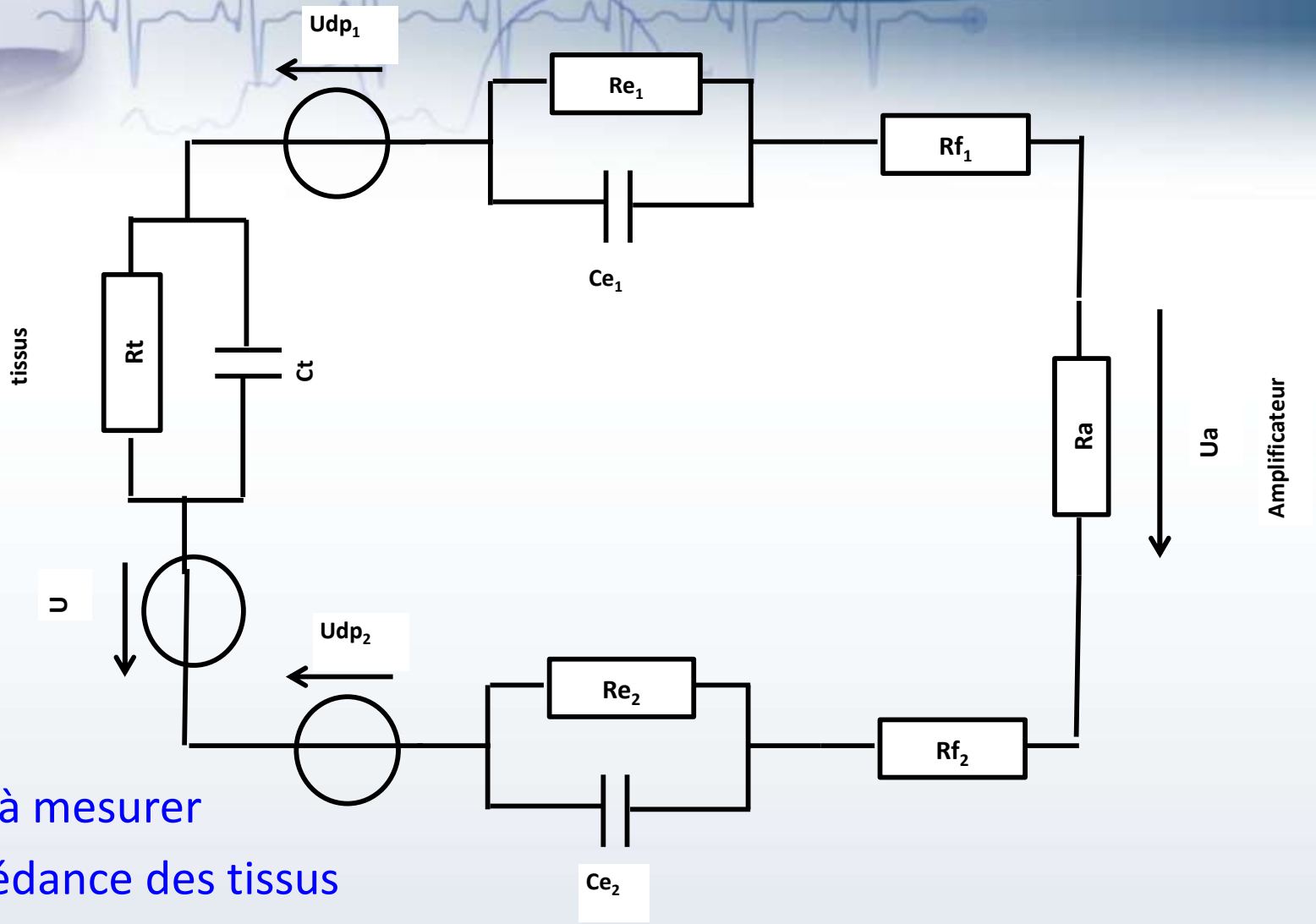
Interface électrode-peau



Assurer un bon contact pour réduire l'impédance de l'interface électrode-peau :

- Nettoyage de la peau par abrasion
- Application d'un électrolyte salin (ions Cl-) en gel ou spray

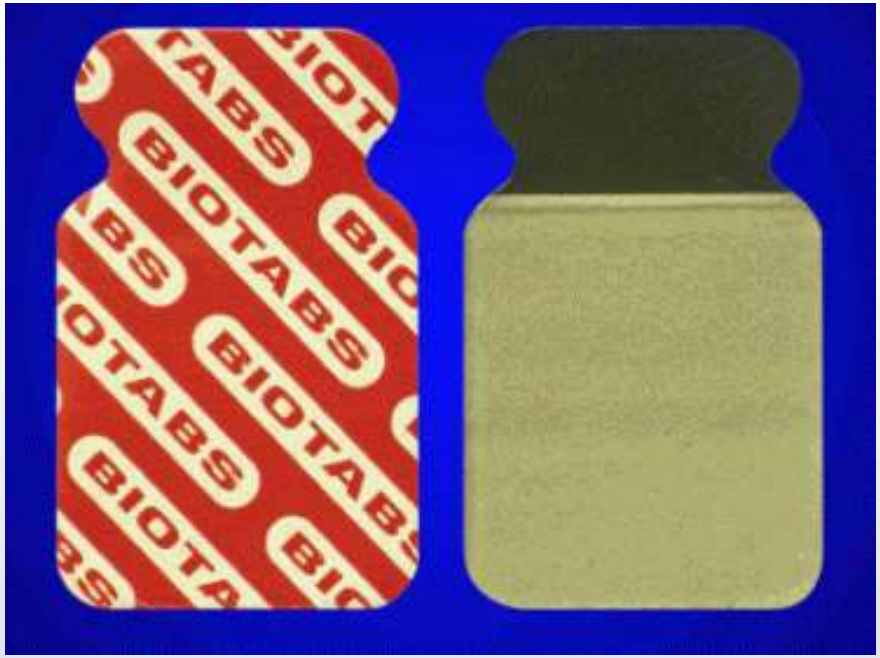
Modélisation interface électrode-peau



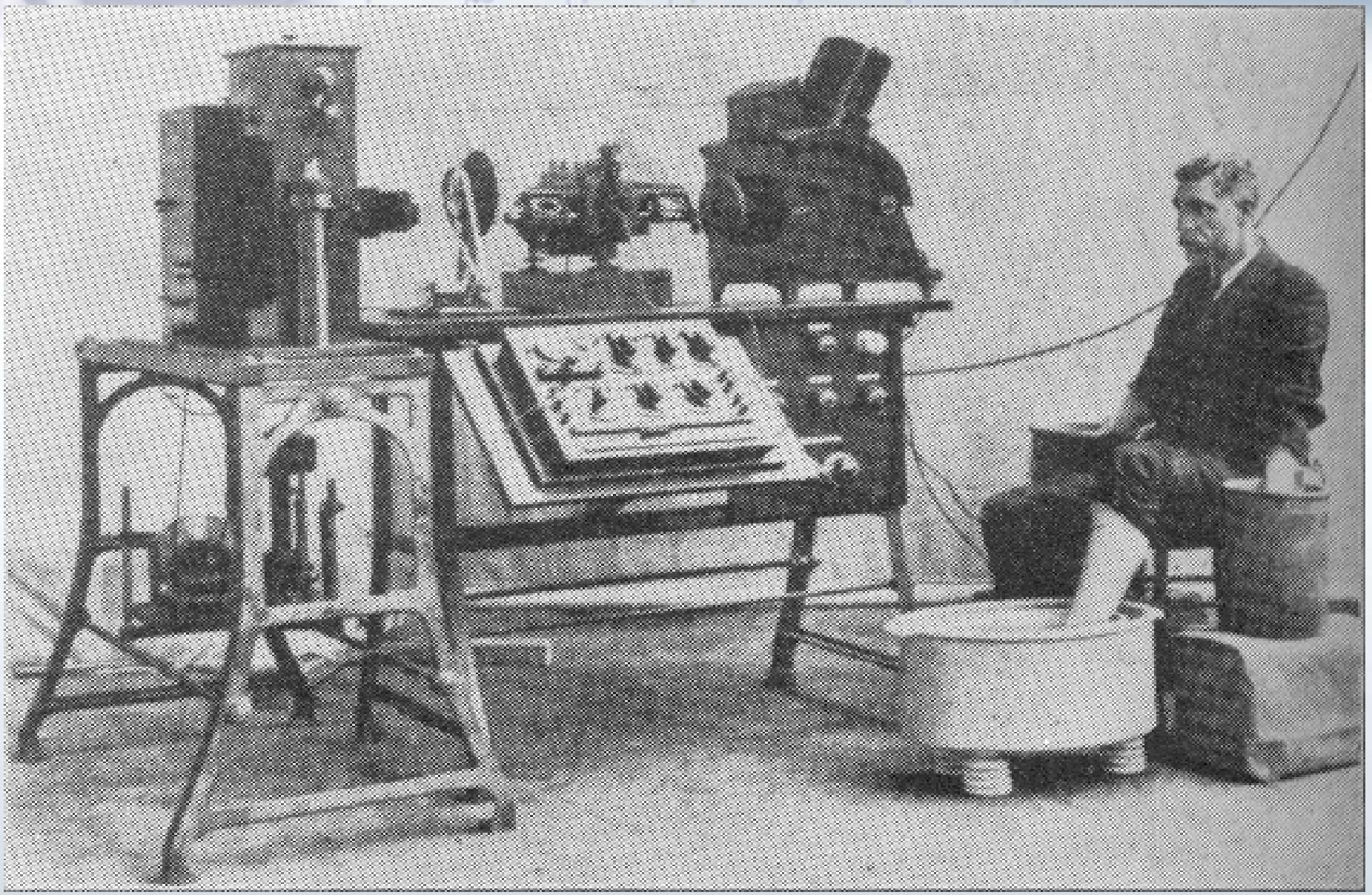
- U : potentiel à mesurer
- R_t et C_t : impédance des tissus
- Re_1, Ce_1 et Re_2, Ce_2: impédances des 2 électrodes
- Ra :impédance d'entrée de l'amplificateur
- Ua: potentiel mesuré sur l'amplificateur

Electrode Ideale

- Ideal Electrode requirements :
  - Zero Electrode Potential
  - Non-polarisable
  - Zero Interface Impedance
  - Zero Noise



Early electrodes made from whatever was available



Électrodes non polarisées

Electrodes souples (élastomères ou polymères conducteurs) qui s'adaptent aux courbures du corps





Électrode jetable Ag-AgCl

Mesures moyennes durées

Electrode ECG non polarisée Ag/AgCl





0,15 € / unit

Low, stable potential

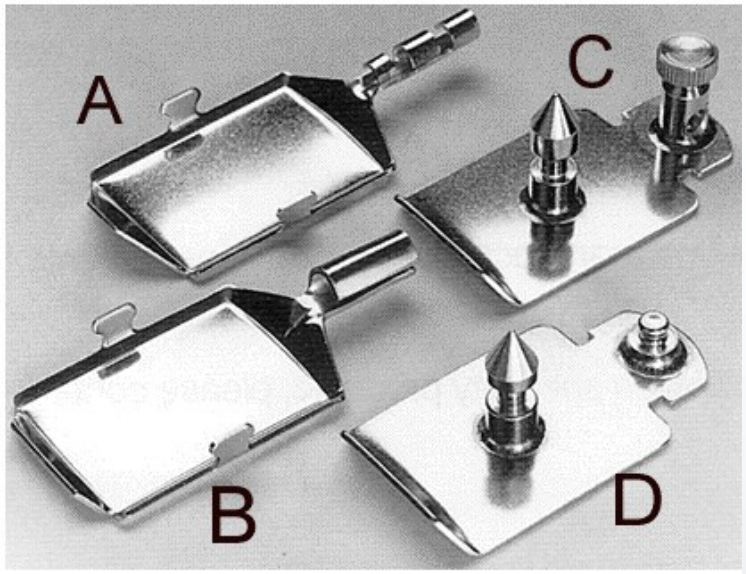
Small charge transfer resistance

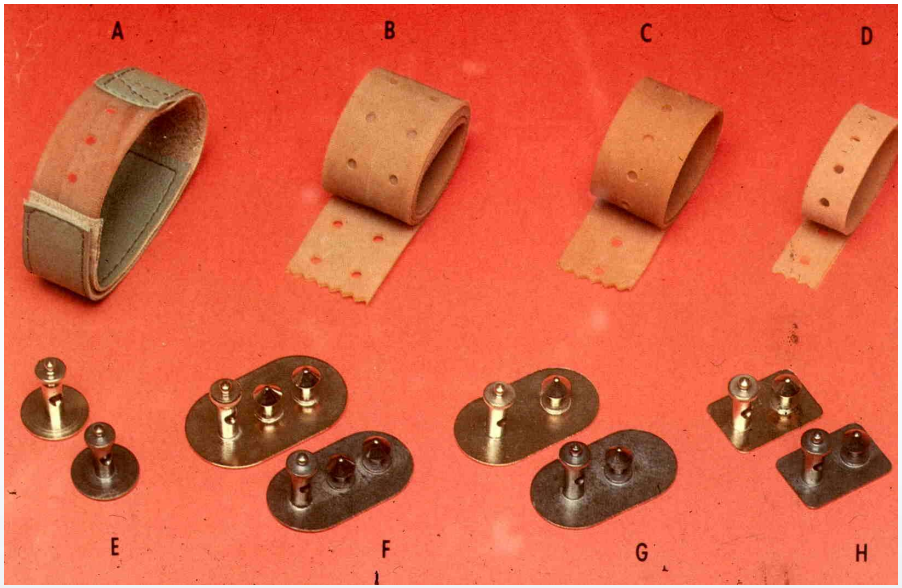
Small interface impedance

Low noise

Électrodes polarisées

Plaques de métal (alliage Zn, Ni, Cu) maintenues par des sangles sur la peau
+ gel électrolytique



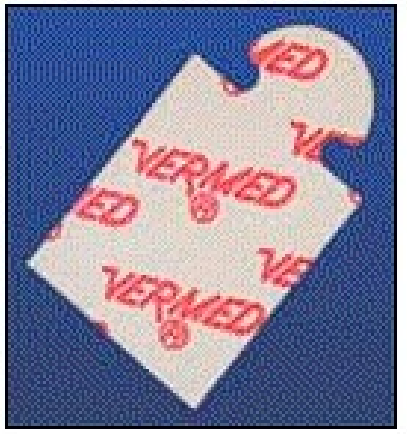




Mesures courtes durées







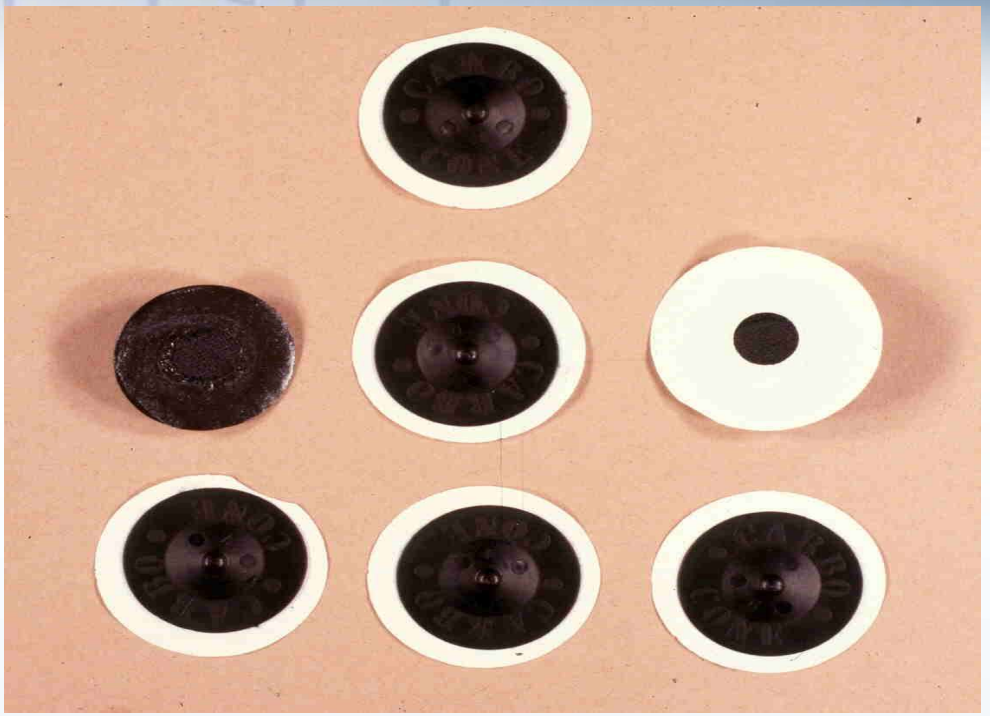
0,30 € / unit

TD-144
Tab Electrode, Tin, Solid Gel,

This high quality electrode offers a slightly larger conductive area without the use of Silver/Silver Chloride and exceeds all AAMI standards. A.C. impedance: 40 ohms.

Electrode Carbone



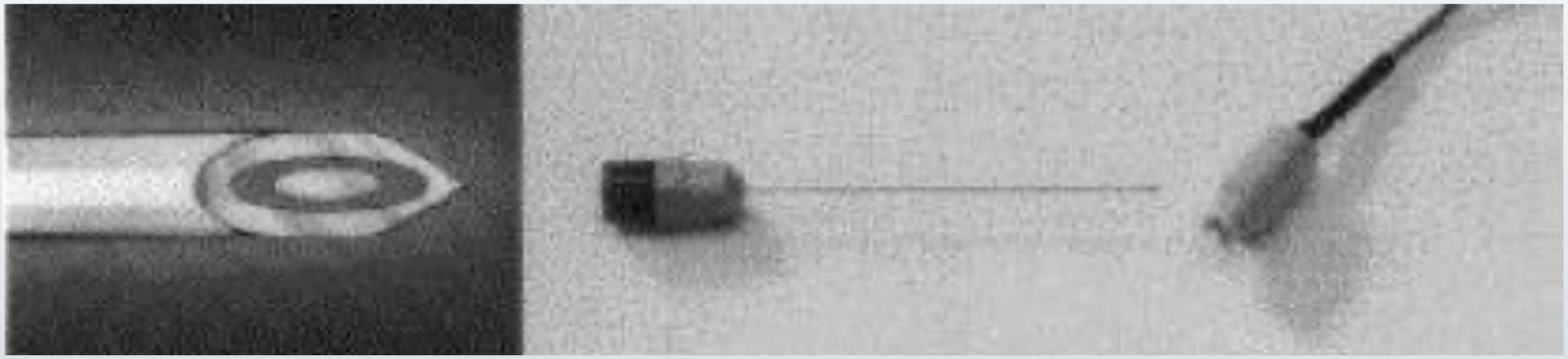


Electrodes EMG

Conduction nerveuse: électrodes de surface (rectangulaires ou circulaires)



EMG musculaire interne : électrode « aiguille »



Électrodes de surface

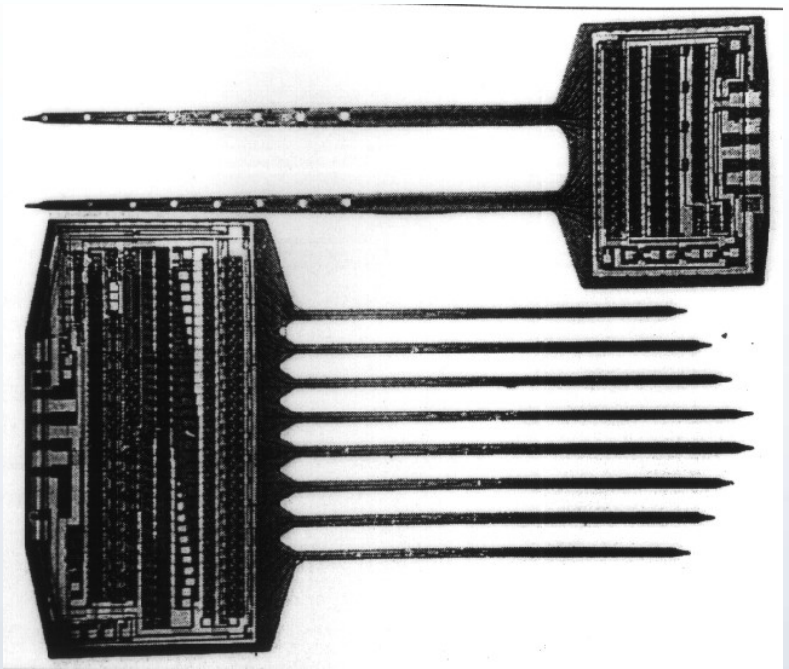


Electrocap

Electrodes implantables intracorticales

Matrices de micro électrodes sur silicium,
avec une architecture de peigne 2-D

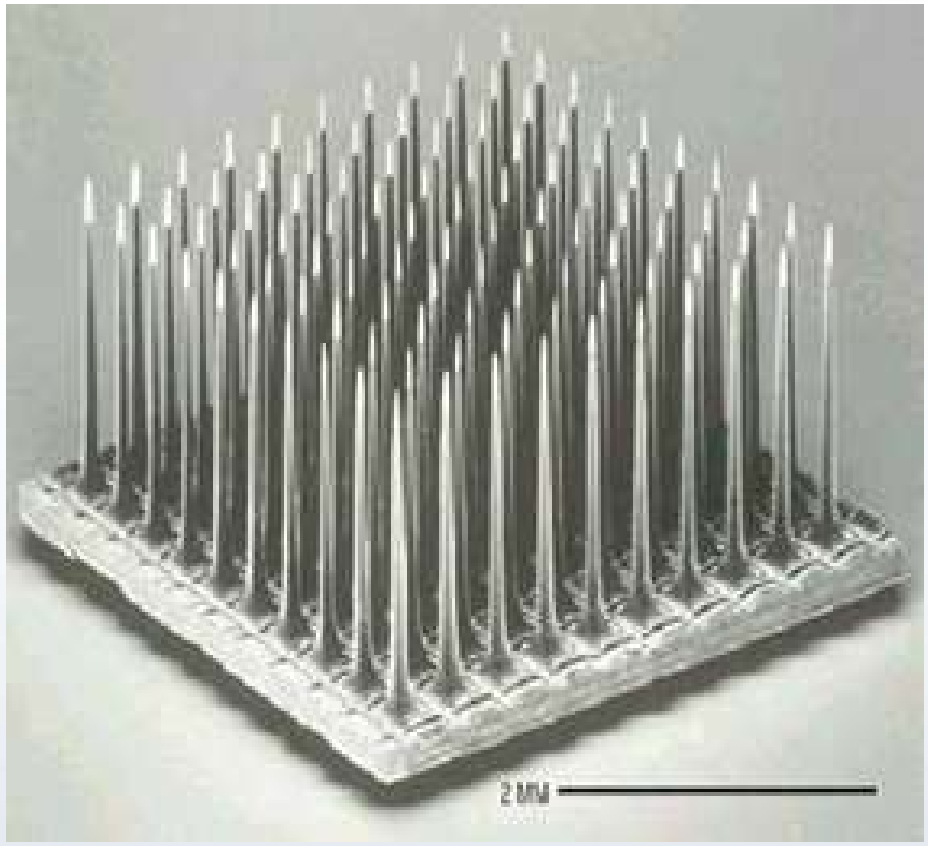
Réalisation par techniques de photolithographie.
Circuit électronique intégré à la matrice
(Université du Michigan)



Electrodes implantables intracorticales

Matrice d'électrodes intra corticale

Structure 3-D en "brosse" comprenant 100 électrodes de 1,5 mm de long et de 0,08 mm de large à la base, 0.001 mm top



CMOS Integration of Low-Noise, Micropower, Front-End Electronics for a 100-Element Intracortical Electrode Array

The assembled probe is intended to be implanted in the motor cortex to read out a neural signature that occurs prior to movement of a limb. Development of neural controlled, human prosthetic limbs.

Acute microelectrode assembly
(10x10 array, 100 active electrodes) . . . $1,250
(each electrode: 1.5mm long, 0.08mm wide at base, 0.001mm tip)

(Université de l'Utah)