

Techniques électrophysiologiques

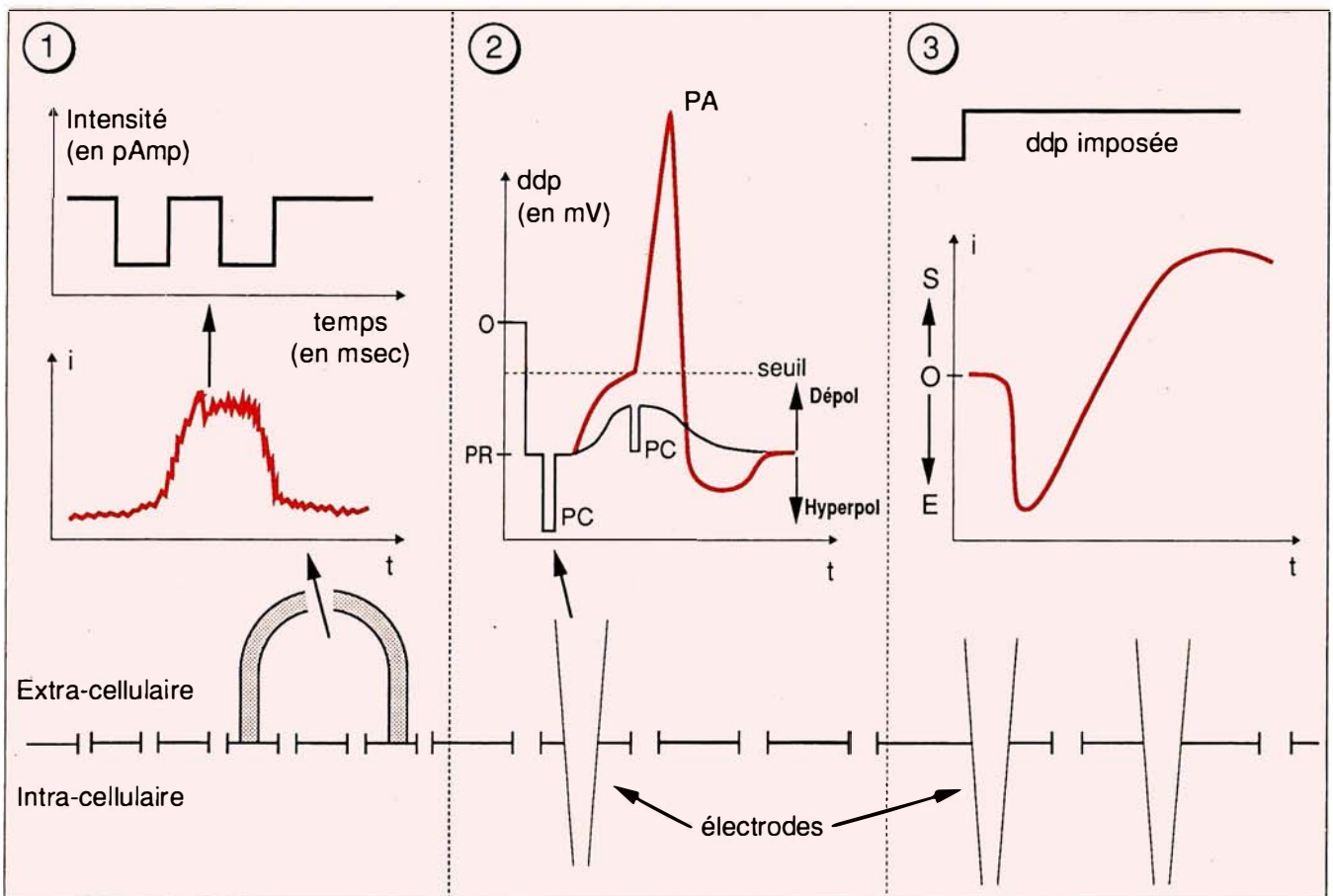


Figure 1. **Principe du « patch clamp ».** Une pipette isole par contact une surface de membrane contenant un petit nombre de canaux. L'enregistrement des courants dus au fonctionnement de ces canaux donne un signal global dont le traitement informatique extrait les courants unitaires liés à l'ouverture des canaux individuels.

Figure 2. **Dérivation intracellulaire par microélectrode.** A partir du potentiel de repos (PR) intracellulaire, on peut enregistrer des hyperpolarisations (hyperpol) et/ou des dépolarisations locales (dépol). Si ces dernières atteignent le seuil, le potentiel d'action (PA) se développe (courbe rouge). En injectant des impulsions de courant calibrées (PC), on peut mesurer les variations de résistance membranaire.

Figure 3. **En voltage imposé, on utilise une électrode de mesure et une dérivation d'imposition de ddp.** La ddp imposée à la membrane induit des transferts d'ions qui sont évalués par les courants entrants (E) et sortants (S) transmembranaires.

Dans le système nerveux, la genèse et le transfert d'information peuvent être assurés par la modulation en amplitude (potentiels locaux) et en fréquence (potentiels d'action (PA)) de la différence de potentiel (ddp) électrique transmembranaire des neurones. Ce fonctionnement peut être étudié par ordre de complexité croissante, depuis l'échelon cellulaire jusqu'à celui de système (ensemble de cellules interconnectées) à l'aide de techniques spécifiques à chaque niveau d'organisation.

Au niveau membranaire, on peut étudier en *patch clamp* (figure 1) des courants ioniques individuels (K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Cl^- ...) déclenchés par les changements de conductance dus à l'ouverture de « passages » ou protéines-canal (voir *m/s* n° 9, vol. 3, p. 538). Le plus souvent ce type d'étude est réalisé à partir de cellules, ou de fragments de membrane de cellules isolées ou en culture. Cette approche nécessite un traitement informatique pour l'extraction des courants individuels du bruit de fond « membranaire ». A l'échelon cellulaire, en dérivation intracellulaire par microélectrode (figure 2), on mesurera les variations (locales et/ou propagées) du potentiel de membrane de la cellule. Avec une seconde microélectrode par laquelle on impose une ddp membranaire (voltage imposé, figure 3), on mesure alors les courants membranaires totaux (cellule entière) entrants ou sortants en fonction de la ddp imposée, courants qui expriment la sommation statistique par rapport au temps des courants individuels des différents canaux mis en jeu. On peut également étudier les variations de résistance membranaire (relation ohmique) par mesure des variations de ddp provoquées par des stimulations d'intensité constante. Que ce soit en recherche ou en exploration clinique, on peut enregistrer en situation extracellulaire, avec de fines électrodes en verre ou en métal, les variations du champ de potentiel

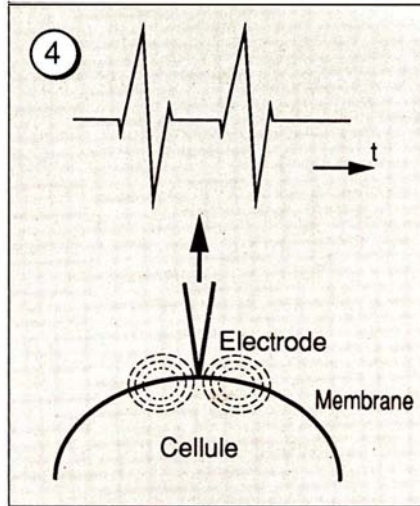


Figure 4. **En dérivation extracellulaire, les champs de potentiels dus à l'activité cellulaire sont détectés à plus ou moins grande distance de la membrane.**

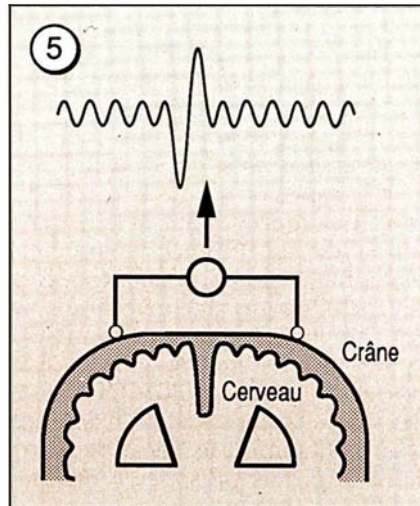


Figure 5. **Dans les dérivations de surface (électro-encéphalographie, EEG) ou profondes, l'enregistrement entre deux électrodes actives donne une trace de représentation différentielle des champs électriques émis par des populations cellulaires et « vus » par chaque électrode.**

contemporaines de l'activité cellulaire, que celle-ci soit spontanée ou évoquée (figure 4). Selon la taille des électrodes on obtiendra un enregistrement unicellulaire (essentiellement en recherche) ou pluricellulaire (neurographie, électromyographie) dont, par rapport au bruit de fond, il faudra sélectionner les signaux intéressants par détection du seuil d'amplitude. On s'intéresse alors au codage des messages circulant sous la forme de potentiels d'action. On procédera par comptage (échantillonnage statistique, présence-absence, vitesse, fréquence) ou encore au calcul de la probabilité d'émission des PA (distribution des intervalles entre PA, autocorrélation). Au niveau multicellulaire, les techniques d'enregistrement (figure 5) font en général appel à des dérivations à distance qui permettent la détection des champs électriques induits par l'activité plus ou moins synchrone d'une importante population cellulaire, avec des électrodes de dimensions très supérieures à celles des neurones. Que cette activité soit spontanée (électroencéphalogramme) ou provoquée (potentiel évoqué), les dérivations — le plus souvent bipolaires — ne donnent que la mesure différentielle par rapport au temps des variations de champ détectées par chaque électrode. Une variante, en exploration clinique comme en recherche, peut consister en l'enregistrement « profond » des activités de populations neuronales à l'aide d'électrodes bipolaires concentriques implantées dans le cerveau.

Jean-Paul Rivot
Bernard Calvino
Marc Peschanski

Dans chaque figure, les tracés supérieurs sont des exemples d'enregistrement, le schéma inférieur indique l'emplacement des électrodes.