EIA Neuro
Neurophysio 5

TRAITEMENT DE L'INFO DANS LES RESEAUX DE NEURONES

- Contraste entre :
- *La variété de l'info que le système nerveux doit coder (par ex, variété des sensations)*
- *Le fait que le SN ne dispose que d'un signal unique, invariable, le PA, pour ce codage*

- Seule ressource : combinaison de PA
Toute l'info est codée dans le SN par une combinaison (une configuration) temporo-spatiale de PA
- Comment un même type de message peut-il coder la variété des informations ?
Comment des combinaisons de PA prennent-elles sens ?
- Suffit-il de spécifier la nature, la durée, et l'intensité de ce message pour en fixer la signification de façon univoque ?
La signification d'un message, son effet et l'interprétation qu'on peut en donner ne dépendent-ils pas de l'état et de la dynamique du reste du SN ?

I – Transduction à « l'entrée du réseau »

A- Potentiels de récepteurs

Récepteurs = capteurs sensibles à certaines formes d'énergie
- Mécanique : **mécanorécepteurs**
- Lumineuse : **photorécepteurs**

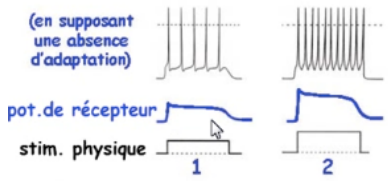
Apparition d'un **potentiel de récepteur ou potentiel générateur** : de même forme que potentiel post-synaptique
- Stimulus → ouverture canaux NA+ → dépolarisation (=potentiel local)
= **Transduction :** réception d'un signal et transformation de l'énergie du stimulus en un signal électrique qui va modifier le potentiel de repos

Transformation du potentiel de récepteur en **potentiel d'action** par propagation locale jusqu'au segment initial de l'axone (par courant locaux qui sont atténués à distance par les résistances des tissus selon les lois électriques)
Il y a genèse d'un **train de potentiel d'action** qui eux sont transmissibles à distance, sans décrément car reproduit à l'identique en chaque point.
= **transformation analogique-digitale**

1) Stimulus
2) Transformation en potentiel électrique (transduction)
3) Transformation analogique

B- Codage de l'intensité (en fréquence de PA)

- **Recrutement temporel :** ↑ de l'intensité → ↑ de l'ampli du potentiel récepteur → ↑ **fréquence des PA dans le train de PA** car la période réfractaire est vaincue plus tôt (cf premier cours)



Modélisable : La variation d'ampli et proportionnelle à la variation d'intensité et inversement proportionnelle à l'intensité :
Ampli=K*Log(Intensité)
dAmpli=1/I*dI
- Idem pour la fréquence des PA et pour la sensation (impression subjective ressentie) : S = K*Log(I) → Loi de Weber-Fechner
(NE PAS RETENIR LES FORMULES)

- **Recrutement spatial** : ↑ intensité → ↑ nbr de fibres excitées = activation de fibres qui ont des seuils d'excitation plus élevé
Une plus forte stimulation peut faire décharger un nombre de neurones plus important : donc codage plus nuancé

C- Codage de la durée

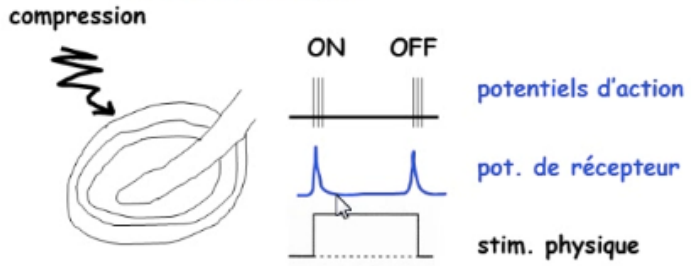
Détection des pressions ou vibrations rapides

- Récepteurs adaptables :

Adaptation forte, totale : s'adaptent au stimulus ne décharge pas quand le stimulus est maintenu mais par une réponse phasique à la mise ne place (**ON**) et à l'arrêt (**OFF**) = au moment des changements d'état

Ainsi il renseigne sur **les variations** d'un stimulus : vitesse, accélération (ne renseigne pas sur l'état réel du monde extérieur mais sur les variations, servent à anticiper l'état futur et le changement)

Ex : corpuscules de Pacini (articulation) corpuscules de Meissner (peau)



Détection des pressions ou étirements lents

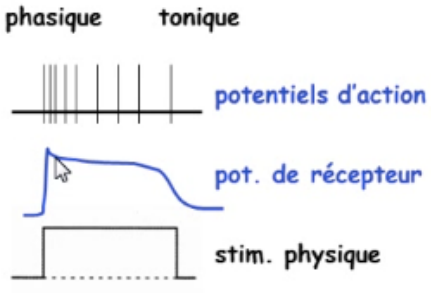
- Récepteurs moins adaptables

Adaptation faible : la durée de l'information est codée par la durée du train de potentiel d'action

- **Réponse phasique** (même pour ce type de récepteurs mais phénomène moins marquée que pour les récepteurs à adaptation forte) : train de PA à la mise en place puis à l'arrêt
- **Réponse tonique** : avec fréquence de PA moins importante mais maintien de la décharge tant que dure la stimulation (pas d'adaptation)

Renseigne sur **l'état du corps** à chaque instant et non les variations (mais ils codent quand même les changements d'états)

Ex : Disque de Merckel et Corpuscule de Rufini (pression) et fuseau neuromusculaire (étirement)



Modalité de codage : pourquoi certains sont adaptables et d'autres ne le sont pas ?

- Pourquoi les récepteurs adaptables ne déchargent-ils pas pendant le maintien du stimulus ?

Réponse uniquement phasique à la mise en place et à l'arrêt (changement d'état)

Dû à **l'organisation histologique** et à la **structure physique** (équipement en canaux ioniques + capsule autour)

→Capacité de réagir qu'au changement : la capsule et les couches histologiques (bulbe) qui permettent de ne transmettre les pressions à la membrane qu'au début et à la fin de la stimulation. La propriété d'adaptation n'est pas une propriété propre de la membrane mais de la capsule qui l'entoure.

II – Intégration dans un neurone

A- Divergence spatiale, frange sous-liminaire d'excitation

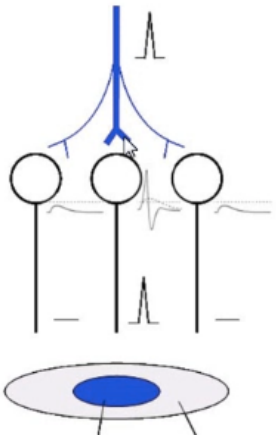
Phénomène de divergence

Une fibre donne des connexions synaptiques plus ou moins fortes à environ 10 000 neurones par ramification avec contacts plus ou moins privilégiées.

Intérêt : amplification, diffusion d'un info et sécurité (évite que l'info ne soit perdue)

Division en deux de la population cible

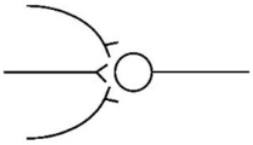
- **Poids synaptiques forts (Excitation : zone de décharge)** : neurones cibles excités → PA transmis
- **Poids synaptiques faibles (Frange sous-liminaire d'excitation (zone de facilitation)** : PPSE d'ampli insuffisante pour donner de PA : ils reçoivent l'information, ont été excité et tiennent compte de l'info, ils peuvent peut être déchargé si réception simultanée d'une autre info, ils sont « ouverts » au calcul et au traitement de l'info par facilitation



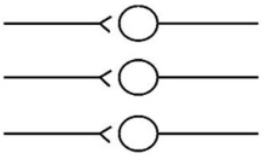
B- Convergence spatiale, analyse de l'information

Phénomène de convergence

Un neurone reçoit des terminaisons synaptiques d'environ 10 000 autres neurones, plus ou moins fortes, excitatrices ou inhibitrices, provenant d'afférences de même origine ou non



Intérêt de relais avec forte convergence : intégration ++ l'activité du neurone demande que certaines conditions particulières soient réunies, cela représente une information nouvelle (analyse de l'info) = sommation plus ou moins importante (si connexion forte : décharge à chaque fois qu'une des fibres fait synapses, si connexion faible : nécessité que toutes ou plusieurs des fibres fassent synapses avec la terminaison)



Intérêt relais avec peu de convergence : conservent la sélectivité et la précision de l'information initiale (mais utilité du relais du coup ? mais Ils transmettent l'info mais l'analysent aussi : ↑ la discrimination par les systèmes d'inhibition latérale.

C- Intégration post-synaptique

→ Réception permanente de PPSE et de PPSI : dont l'amplitude est proportionnelle au nombre de molécules de neurotransmetteur libérées dans la fente synaptique

Ainsi, à chaque instant, il y a une sommation à peu près algébriqus des potentiels synaptiques reçus.

2 PPSE synchro : peuvent franchir le seuil alors qu'individuellement ils ne le peuvent pas

PPSE (suffisant)+PPSI : peut ne plus franchir le seuil alors que le PPSE seul le pouvait

Poids d'une connexion (c'est-à-dire entre une synapse et un neurone)

Il est fonction du nombre de synapses établies et de la position des boutons synaptiques (atténuation des courants locaux avec la distance par la loi d'Ohm) :

Plus une synapse est distante du segment initial de l'axone

Plus son champ électrique au niveau de ce segment est faible

Moins l'info qu'elle fournit est importante dans la genèse ou l'inhibition du PA

III – Intégration dans une population de neurones

A- Analogie avec les opérations logiques

Fonctionnement d'un ordinateur

- Langage binaire : 0 ou 1 (passage ou non d'une impulsion de courant)
- Opérations : se décomposent toutes en fonctions logiques élémentaires : ET, OU, NON…

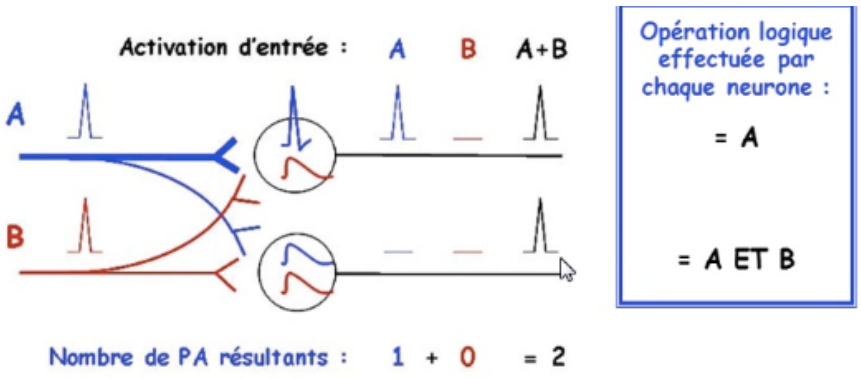
Analogie cerveau-ordinateur

- Langage binaire : présence ou non d'un PA
- Traitement des infos dans un relais : comparaison et sommation des infos reçues des fibres afférentes

B- Facilitation et occlusion spatiale

Facilitation spatiale

Il faut considérer un réseau de neurones (au moins 2) avec des poids synaptiques différents.



Le neurone A a une forte connexion avec le neurone du haut : donne un PA et une faible connexion avec le neurone du bas : pas de PA

Le neurone B a une faible connexion en haut et en bas donc pas de PA déclenché.

Si stimulation de A et B en même temps :

- En haut PA (dû à A)
- En bas PA (car sous liminaire de A et de B ajouté)

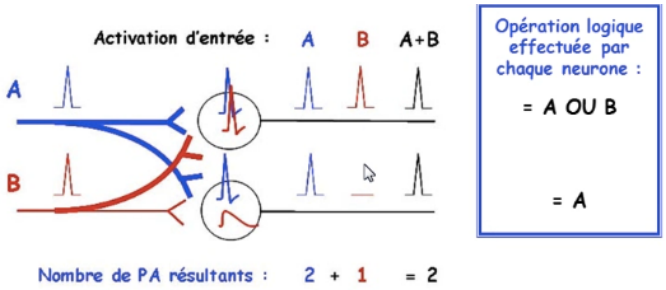
Réponse globale obtenue et transmise > somme arithmétique des réponses séparées

Alors qu'à l'échelle unitaire : sommation arithmétique des PPSE

Mécanisme : deux franges sous-liminaires qui se chevauchent provoquent un PA, s'observe si intensité de stimulation ou poids synaptique faible

Occlusion spatiale

Même raisonnement



A a une forte connexion en haut et en bas, il déclenche un PA sur les deux neurones

B a une forte connexion en haut (déclenche un PA) et une faible connexion en bas (pas de PA)

A et B simultané ne déclenche qu'un potentiel d'action sur chaque fibre (séparément 3 PA (2 pour A et A pour B) et simultanés 2 PA

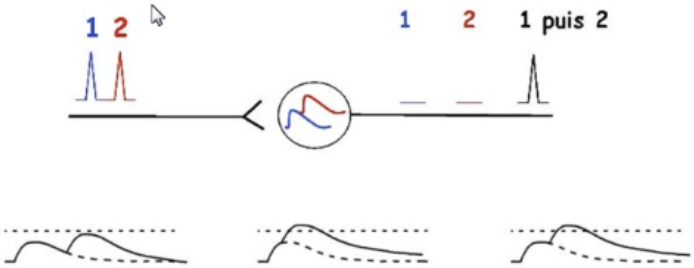
Réponse globale obtenue et transmise < somme arithmétique des réponses séparées

Mécanisme : frange sous-liminaires réduites ; on ne peut recruter qu'un nombre faible de neurones supplémentaires

S'observe si l'intensité de stimulation ou poids synaptiques fort

C- Facilitation et dépression temporelle

Facilitation temporelle



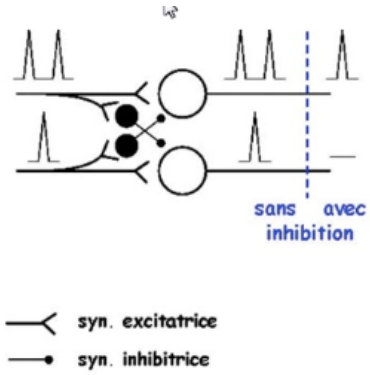
Une seule connexion synaptique, un PA arrive sur la fibre présynaptique, mais PPSE insuffisant pour que le neurone post synaptique décharge.
Un deuxième PA identique rapproché, lui aussi sous-liminaire peut permettre la décharge du neurone post-synaptique en se superposant au premier.

Réponse globale obtenue et transmise > somme arithmétique des réponses séparées
Mécanisme : sommation temporelle des PPSE
Nécessite un délai correct entre les deux stimulations 1 et 2
S'observe si intensité de stimulation ou poids synaptique faible.
Ce neurone ne déchargera pas chaque fois qu'un PA lui parvient mais il décharge que si plusieurs PA à une fréquence suffisante lui parviennent. (Détectent un niveau d'intensité d'activation de la voie en amont)

IV – Contrôle de la transmission des messages

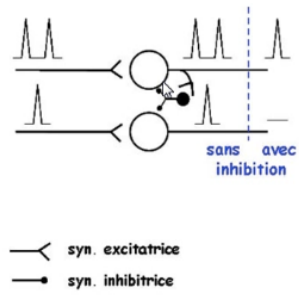
A- Contrôles inhibiteurs

En particulier pour le systèmes peu convergents
- **Inhibition latérale :** contrôle réciproque de la transmission des influx par les fibres afférentes
Mécanisme : inhibition mutuelle pré ou post-synaptique
Deux neurones proches, donnent souvent une petite collatérales vers le neurone adjacent qui envoie une petite inhibition sur l'autre neurone afin d'amplifier la réception de son info. Chacun inhibe l'autre, phénomène de connexion
Si les deux inhibent, celui qui a une plus forte connexion l'emporte ; l'info qui a le plus de sens est transmise



Intérêt :
- ↑ précision du codage : effet de contraste, discrimination et focalisation de l'info
- Diminution du bruit de fond qui peut se confondre avec des signaux réels
- Extrait les signaux pertinents
- Mécanisme fréquent dans les systèmes convergents

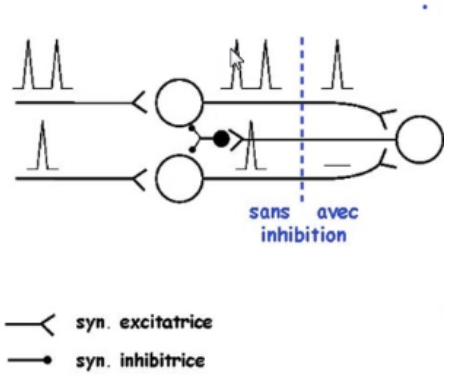
- **Inhibition récurrente** : boucle de rétroaction courte
Mécanisme : collatérale axonique récurrente + interneurone inhibiteur
Ex : cellules de Renshaw dans les motoneurones ou cellule en corbeille (dans l'hippocampe) ou cellules de golgi (grains du cervelet)
Intérêt : idem
- ↑ précision du codage, effet de contraste
- Limite la fréquence de décahrge des neurone sprincipaux : plus celle-ci est élevée plus l'inhibition est active (limitateur de fréquence)



- Contrôle centrifuge : boucle de rétroaction longue exercée par des neurones cibles (revient de la cible)

Intérêt :

- ↑ précision dans le codage, effet de contraste
- Focalisation de l'info contrôlée par l'info elle-même



B- Contrôles amplificateurs

- Amplificateur par circuit parallèle : chaque interneurone introduit un délai supplémentaire, le neurone efférent est alors stimulé plusieurs fois

- **Amplificateur par circuit réverbérant** : boucle de rétroaction positive, post-décharges pendant plusieurs dizaines de ms, voir minutes ou heures