# 2.2 Réseau de neurones

- Plusieurs neurones connectés entre eux via des axones constituent un **réseau de neurones**.
- Le schéma de connexion, sous la forme d'un **graphe orienté**, caractérise l'**organisation structurelle** du réseau.



*Les messages transitant de neurone à neurone via les axones d'un réseau de neurones contiennent une succession d'états hauts et d'états bas qui présentent une ressemblance avec les signaux digitaux produits par les calculateurs numériques. Cette analogie de forme n'implique cependant pas que les principes de traitement et de transformation de ces signaux soient les mêmes.*

## Graphe et fonction de couplage

Le réseau est décrit par une **fonction de couplage** :

- définie le plus souvent par un tableau à double entrée noté $G$.
- Chaque neurone se voit attribuer un indice $i \in 1,...,N$
- où $N$ est le nombre de neurones dans le réseau.
- Le tableau $G[i,j]$ contient alors les caractéristiques du lien du neurone $j$ vers le neurone $i$.

- Un exemple de paramètres associés au lien $(i,j)$ est
  - le temps de propagation $\tau_{ij}$
  - et poids synaptique $J_{ij}$.

- Lorsque le poids synaptique $J_{ij}$ est non nul,
  - on dit que les neurones $i$ et $j$ sont couplés.

- Si $N$ est le nombre de neurones,
  - le nombre de paramètres du réseau est en $O(N^2)$,
  - correspondant à un principe de transmission du signal *de plusieurs à plusieurs* (un neurone envoie son message de sortie vers plusieurs destinataires, un neurone reçoit des messages de plusieurs émetteurs).



**Notations:**

- Le **vecteur d'activité** $\boldsymbol{s}(t)$ (ou activité de population) est un vecteur de taille $n$ contenant l'ensemble des sorties à l'instant $t$~:

$$\boldsymbol{s}(t) = (s_1^\text{out}(t), ..., s_n^\text{out}(t))$$

- Le **patron d'activité** est constituée de l'ensemble des signaux émis :
  - entre l'instant initial $t_0$
  - et l'instant d'observation $t$,
  - soit:

$$\boldsymbol{S}(t)=\{\boldsymbol{s}(t')\}_{t' \in [t_0, t[}$$

## Signal d'entrée et encodage

Dans un réseau de neurones, la mise en œuvre d'un calcul :

- repose sur la présence de neurones d'**entrée** soumis à des données extérieures,
  - qui sont donc les opérandes du calcul.
  - C'est le cas chez l'animal des cellules **sensorielles**.
  - On note $\boldsymbol{I}(t) = \{I_i(t')\}_{i \in \{1,...,N\}, t' \in [t_0, t[}$ ce signal extérieur.
    - Si le neurone $i$ est un neurone d'entrée, on a : $$\exists t : I_i(t) \neq 0$$ avec :

\begin{align} V_i(t) = g(s_{i,1}^\text{in}(t), ..., s_{i,n}^\text{in}(t),I_i(t)) \end{align} où $s_{i,1}^\text{in}, ..., s_{i,n}^\text{in}$ sont les $n$ entrées synaptiques.

- Si le neurone $i$ n'est pas un neurone d'entrée, on a :

$$\forall t : I_i (t) = 0$$

## Fonction de réponse du réseau

Les échanges de signaux entre les différentes neurones, via les liens du graphe, constituent le **calcul** du réseau de neurones.

- Les activités des différents neurones sont donc **inter**dépendantes du fait des couplages.
- La **fonction de réponse** du réseau $f$ :
  - est une fonction paramétrique
  - décrite par le tableau de paramètres $G$,
  - telle que l'activité $\boldsymbol{s}(t)$ est solution de~:

\begin{align} \boldsymbol{s}(t) = f(\boldsymbol{S}(t), \boldsymbol{I}(t);G) \end{align} avec $\boldsymbol{S}(t)$ l'activité développée dans le réseau jusqu'au temps $t$, $\boldsymbol{I}(t)$ le signal d'entrée et $G$ le graphe.

La **réponse** du réseau de neurones au signal d'entrée (la solution du calcul) est le patron d'activité induit par le signal d'entrée.

On dit également que le réseau de neurones **transforme** le signal d'entrée.



*Il faut ici préciser, dans la mesure où les temps de transport sont supposés strictement positifs, que l'activité du réseau au temps $t$ est dépendante de l'historique des activités précédent strictement l'instant $t$. L'activité d'un neurone post-synaptique $i$ au temps $t$ est dépendante des signaux pré-synaptiques produits aux instants $t' < t$, en tenant compte du **temps de transport** de ces signaux sur les axones. Plus précisément, si $j$ est le neurone pré-synaptique et $i$ le neurone post-synaptique, on a:* \begin{align} s^\text{in}_{ij}(t) = s^\text{out}_{j}(t - \tau_{ij}) \end{align}

## Fonction de sortie du réseau

Il est possible de définir une **fonction de sortie** qui **décode** ce patron d'activité.

- La sortie du réseau est alors :

$$\boldsymbol{u} = h(\boldsymbol{s})$$

- avec $h$ fonction de décodage (ou de "**read-out**").

Plus globalement, la fonction d'entrée/sortie (fonction de transfert) du réseau de neurones est~:
\begin{align}\label{eq:E/S} \boldsymbol{u} = h(f(\boldsymbol{S},\boldsymbol{I};G)) \end{align}



*La sortie $\boldsymbol{u}$ peut ainsi être interprétée comme le résultat du calcul réalisé à partir des données d'entrée $\boldsymbol{I}$. Dans la mesure où ce résultat est le produit de l'activité conjointe (et parallèle) des neurones du réseau, on se situe dans un contexte de **calcul distribué**, par opposition au calcul séquentiel centralisé réalisé par les ordinateurs traditionnels.*

From:
https://wiki.centrale-med.fr/informatique/ - **WiKi informatique**

Permanent link:
**https://wiki.centrale-med.fr/informatique/public:ncom:2.2_reseau_de_neurones**

Last update: **2022/03/25 15:08**