

Champ neuronal et apprentissage profond de topologies pour la fusion multimodale

Simon Forest^{1, 2}, Jean-Charles Quinton¹, **Mathieu Lefort**²

¹LJK, Univ. Grenoble Alpes

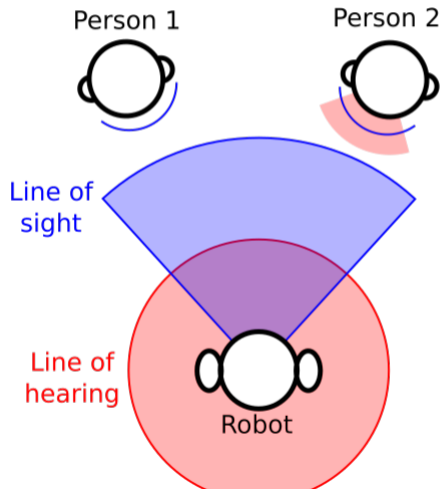
²LIRIS, Univ. Claude Bernard Lyon 1

03/07/2023

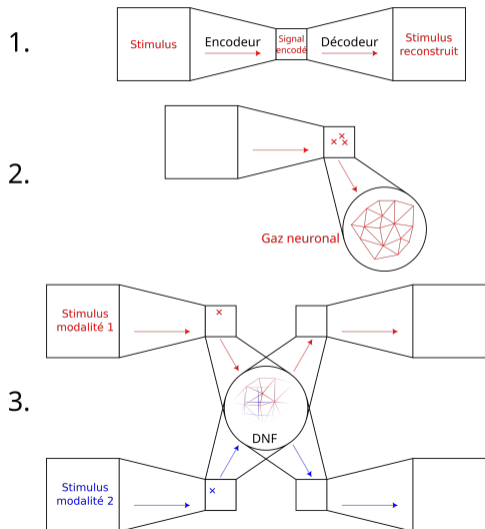
CNIA



Exemple : localisation et sélection d'un stimulus



Architecture & Positionnement



- (3.) Fusion/sélection (bio inspirée) mono/multimodale non supervisée par champ neuronal dynamique [1]
- (2.) Topologies généralement fixées, ici apprises par gaz neuronal croissant comme proposé dans [2]
- (1.) Contribution : Extension à un apprentissage profond par SWAE [3]

[1] S.-I. Amari. Dynamics of pattern formation in lateral-inhibition type neural fields. *Biological Cybernetics*, 27(2) :77–87, 1977.

[2] S. Forest, J.-C. Quinton, and M. Lefort. Combining manifold learning and neural field dynamics for multimodal fusion. In *IJCNN*, 2022.

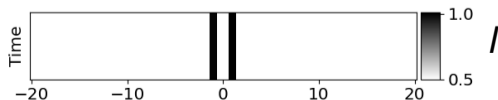
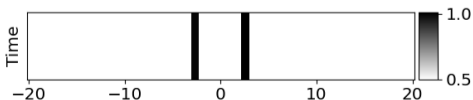
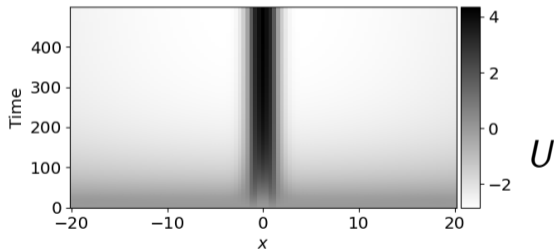
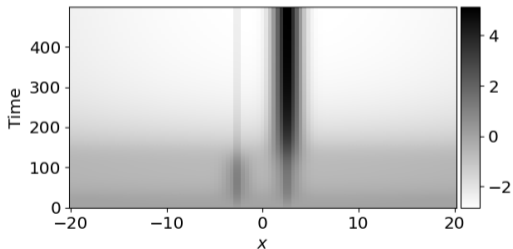
[3] S. Kolouri, P. E. Pope, C. E. Martin, and G. K. Rohde. Sliced wasserstein auto-encoders. In *ICLR*, 2019

Champs neuronaux dynamiques (DNF)

$$\tau \frac{\partial U}{\partial t}(x, t) = -U(x, t) + I(x, t) + \int_{y \in X} W(\|x - y\|) f(U(y, t)) dy + h$$

U : potentiel de membrane I : entrée f : fonction d'activation $h < 0$: potentiel de repos

$W(d) = \lambda_+ \exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma_+^2}\right) - \lambda_- \exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma_-^2}\right)$: noyau d'interaction



Champs neuronaux dynamiques (DNF)

$$\tau \frac{\partial U}{\partial t}(x, t) = -U(x, t) + I(x, t) + \int_{y \in X} W(\|x - y\|) f(U(y, t)) dy + h$$

U : potentiel de membrane

I : entrée

f : fonction d'activation

$h < 0$: potentiel de repos

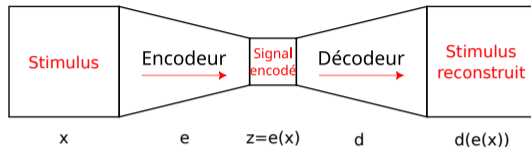
$W(d) = \lambda_+ \exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma_+^2}\right) - \lambda_- \exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma_-^2}\right)$: noyau d'interaction

Propriétés

Fusion/compétition non supervisée basée sur la compatibilité topologie/noyau

Dynamique de prise de décision bio inspirée

Sliced Wasserstein auto-encodeur



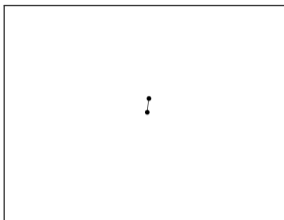
$$\mathcal{L} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M c(x_m, d(e(x_m))) + \frac{\lambda}{LM} \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M c(\theta_l \cdot \tilde{z}_{i[m]}, \theta_l \cdot e(x_{j[m]}))$$

avec c une fonction de coût/transport, $\{x_m \sim p_X\}_{m=1}^M$, $\{\tilde{z}_m \sim q_Z\}_{m=1}^M$, $\theta_l \sim \mathcal{U}(\mathbb{S}^{d-1})$, et $i[m]$ (resp. $j[m]$) les indices qui trient les $\theta_l \cdot \tilde{z}_{i[m]}$ (resp. $\theta_l \cdot e(x_{j[m]})$)

Propriété

Apprentissage non supervisé de représentations organisées

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 000

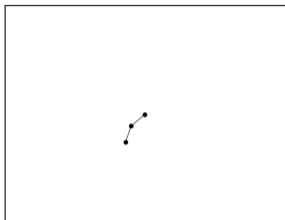
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies.
In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 010

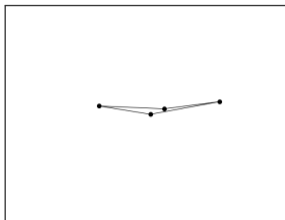
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies.
In Advances in Neural Information Processing Systems,
volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 020

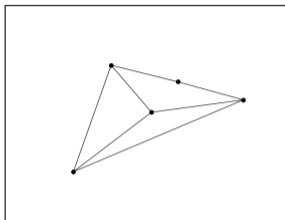
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies.
In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 030

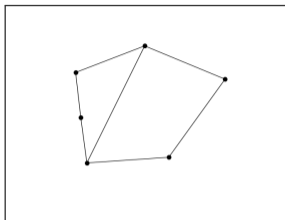
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies.
In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 040

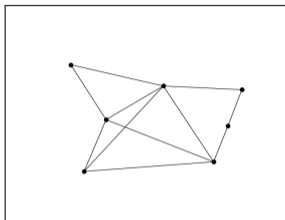
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies.
In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 050

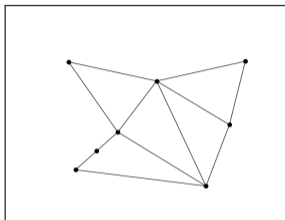
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies.
In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 060

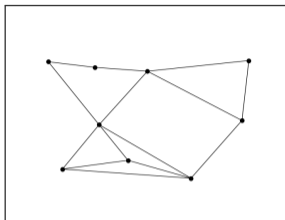
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies.
In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 070

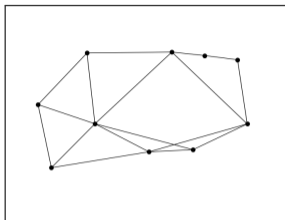
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies. In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 080

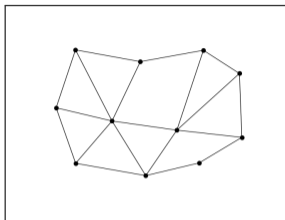
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies.
In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 090

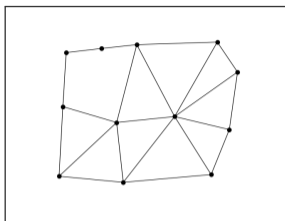
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies.
In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 100

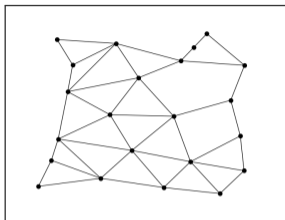
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies.
In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 200

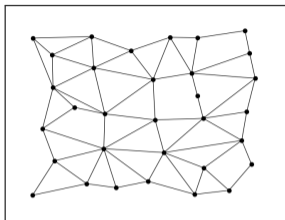
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies. In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 300

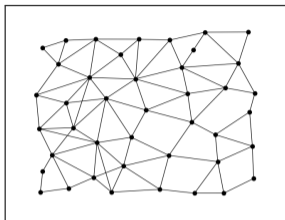
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies. In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 400

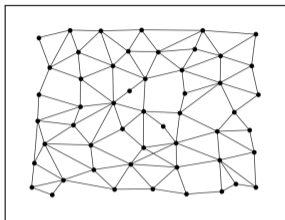
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies. In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Gaz neuronal croissant (GNG)



step 500

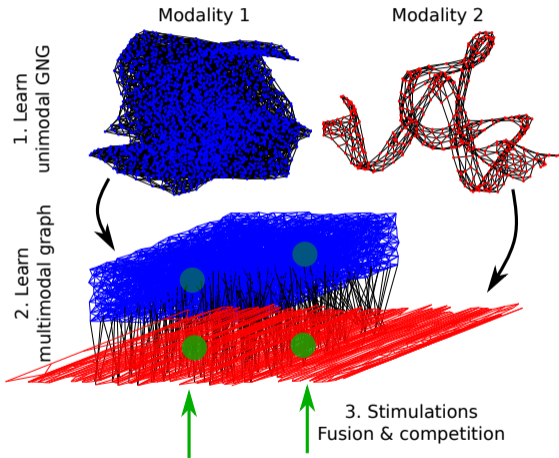
B. Fritzke. A growing neural gas network learns topologies. In Advances in Neural Information Processing Systems, volume 7. MIT Press, 1995.

- ① $j^* = \operatorname{argmin}_j \|W_j - X\|$, $j^{**} = \operatorname{argmin}_{j \neq j^*} \|W_j - X\|$
- ② $\Delta W_j = \eta(X - W_j)$ pour $j = j^*$ et $j \in \text{voisins}(j^*)$
- ③ $\hat{\text{âge}}(j^*, \text{voisins}(j^*)) ++$ et $\hat{\text{âge}}(j, j^{**}) = 0$
- ④ suppression des connexions avec un $\hat{\text{âge}} > a_{max}$
- ⑤ $\Delta \text{err}(j^*) = \|W_{j^*} - X\|$
- ⑥ si le nombre d'itérations est un multiple de n
 - $j' = \operatorname{argmin}_j \text{err}(j)$, $j'' = \operatorname{argmin}_{j \in \text{voisins}(j')} \text{err}(j)$
 - rajouter un neurone j''' entre j' et j''
 - rajouter deux connexions entre j''' et j' et j'' et supprimer la connexion entre j et j'
- ⑦ $\Delta \text{err}(j) = -\alpha \text{err}(j)$

Propriété

Apprentissage non supervisé de topologie par graphe

Création de topologies multimodales



Modalité 1 : 100D \rightarrow xD

Modalité 2 : 2D

Modalités reliées par co-activations
(avec nombre maximum par nœud)

Adaption du DNF

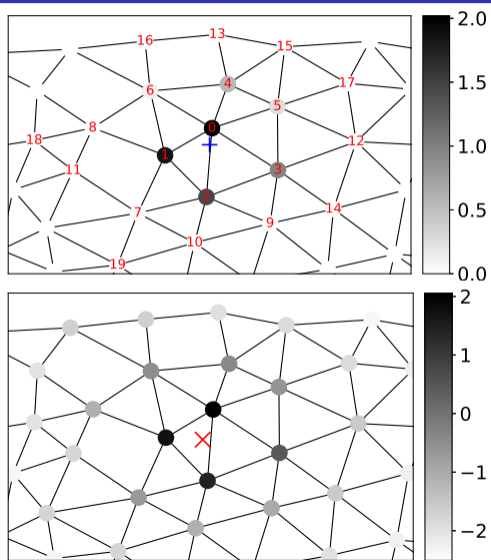
Pour chaque nœud k :

$$I_k = \lambda_{modality,s} e^{\frac{-r_{k,s}^2}{2\sigma^2}}$$

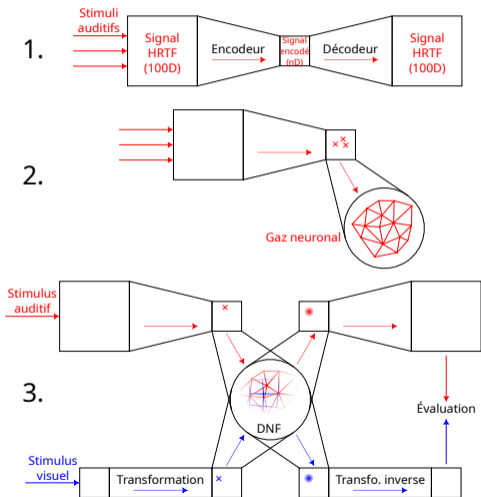
$r_{k,s}$: le rang de k par similarité avec le stimulus s

$$\Delta U_k = \frac{\Delta t}{\tau} \left(-U_k + I_k + \sum_{k'} W(\langle k, k' \rangle) f(U_{k'}) + h \right)$$

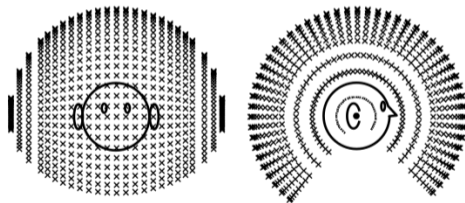
$\langle k, k' \rangle$: la distance entre k et k' dans le graphe multimodal



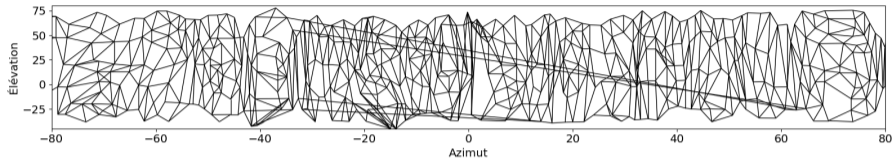
Protocole



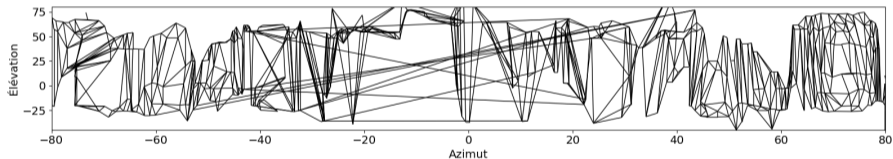
- Vision : 2D en logpolaire
- Audition : 100D HRTF data



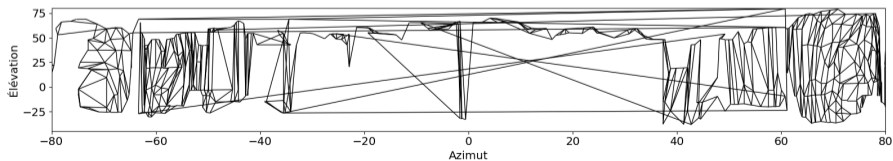
Évaluation qualitative de la topologie audio



20D

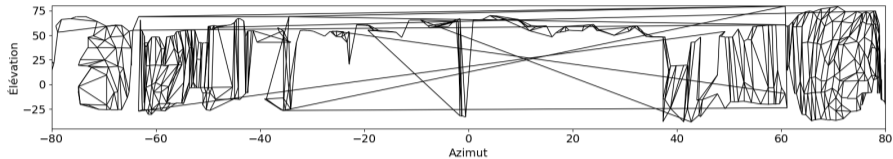


5D

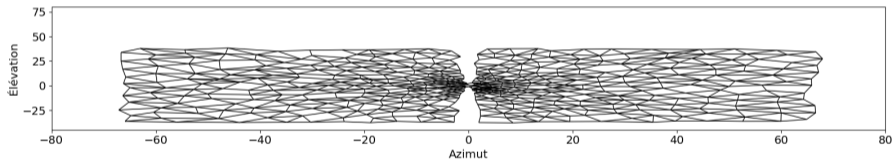


2D

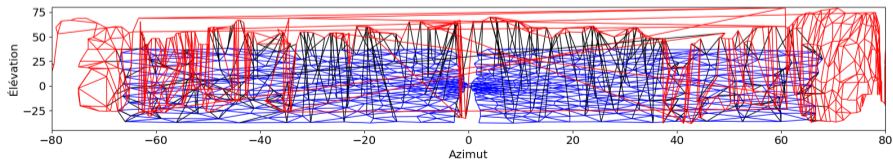
Topologie multimodale apprise



audio

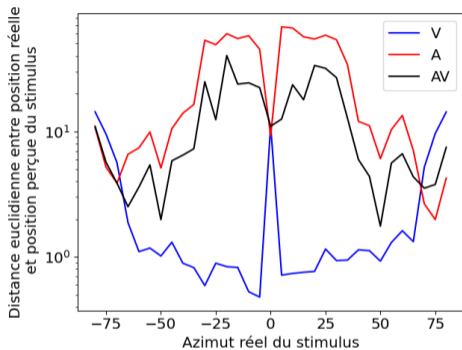


vision

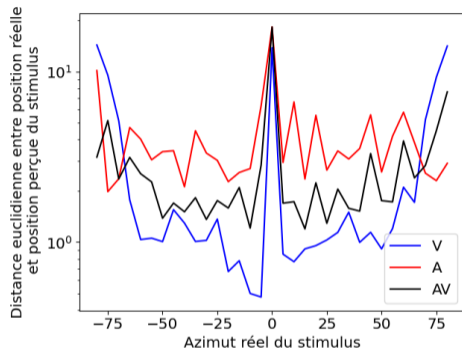


multi

Évaluation quantitative (Moyenne sur 13 élévations différentes)



Avec SWAE 2D



Sans SWAE

Le DNF fusionne les positions visuelles et auditives.

Plus la topologie audio est irrégulière plus les performances audio et audio-visuelles sont limitées.

Conclusion

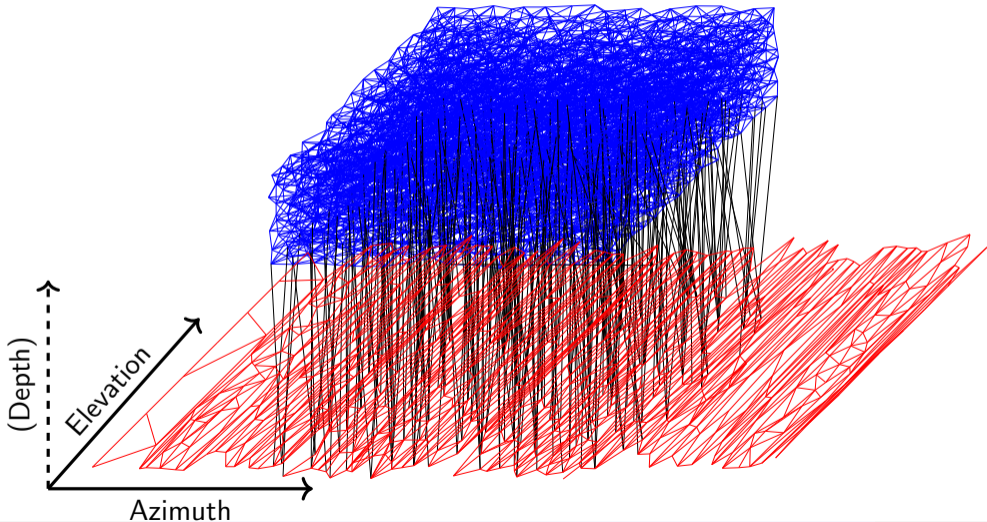
Contributions et résultats

- Utilisation des DNF sur des topologies irrégulières
- Apprentissage et combinaison de topologies de différents espaces
- Compatibilité des méthodes avec les architectures d'apprentissage profond

Perspectives

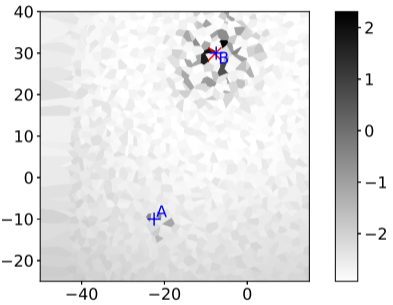
- Tests sur des données plus complexes
- Amélioration et compatibilité multimodale des topologies apprises par apprentissage profond
- Intégration de la dynamique et des propriétés du DNF dans l'apprentissage

Annexe : Avec vision en 3D (anciens résultats)



Annexe : Avec vision en 3D (anciens résultats)

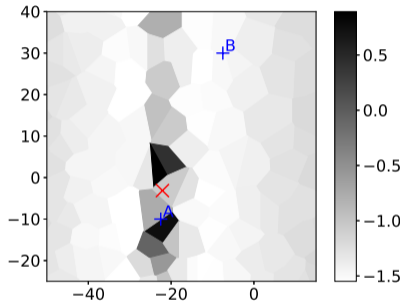
Vision : 3D, régulière



A et B visibles ($B > A$)

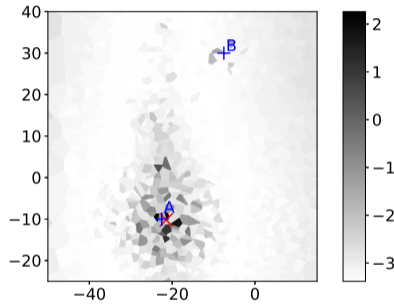
⇒ B sélectionné
(bonne précision)

Audition : 100D, HRTF



A audible
⇒ A sélectionné
(faible précision)

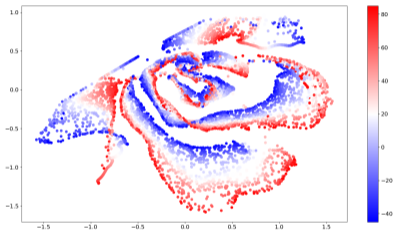
Audio-visuel



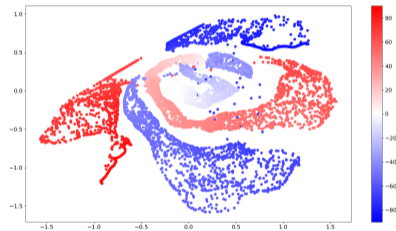
A et B visibles ($B > A$)

A audible
⇒ A sélectionné
(bonne précision)

Annexe : espace latent



Élevation



Azimuth