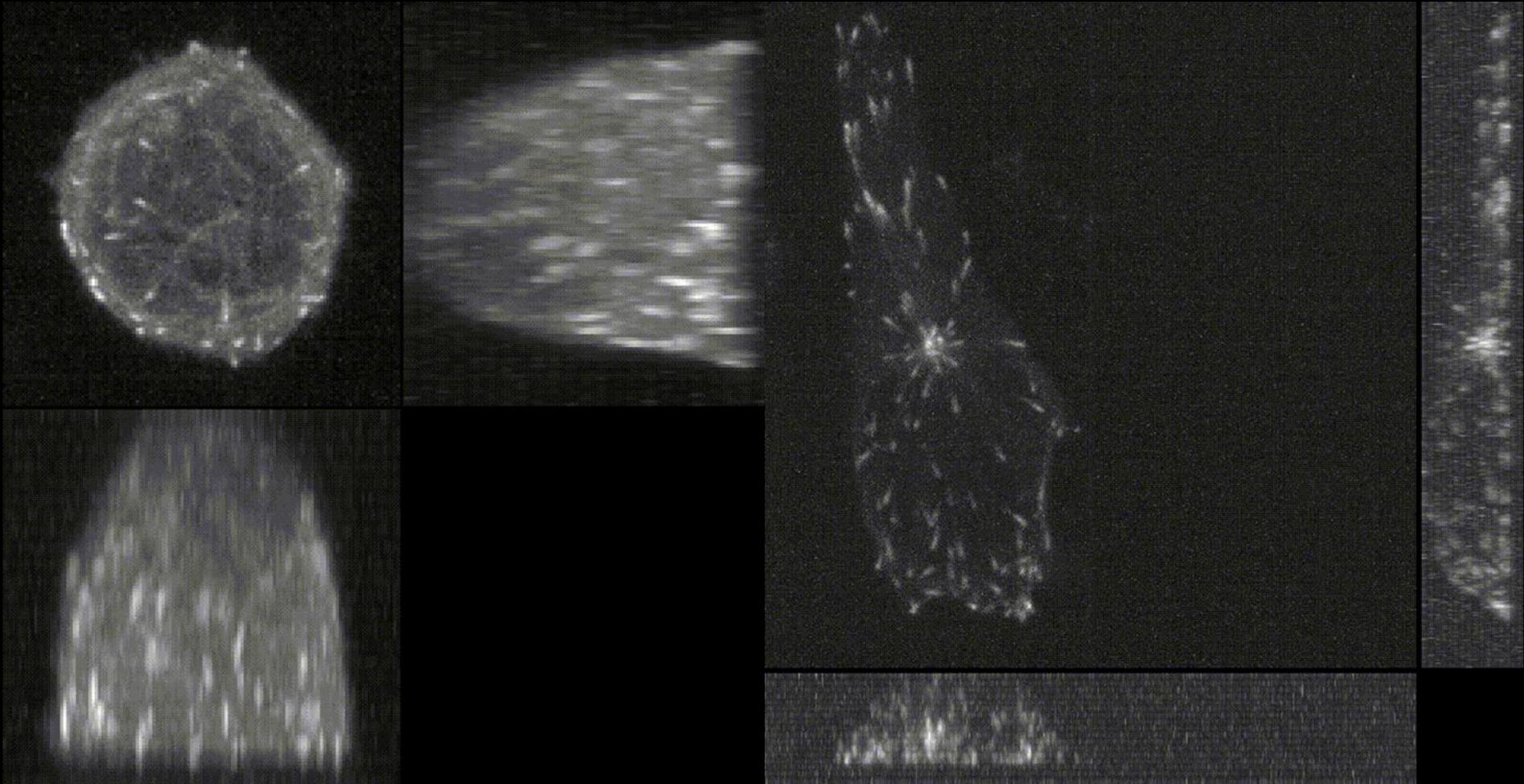
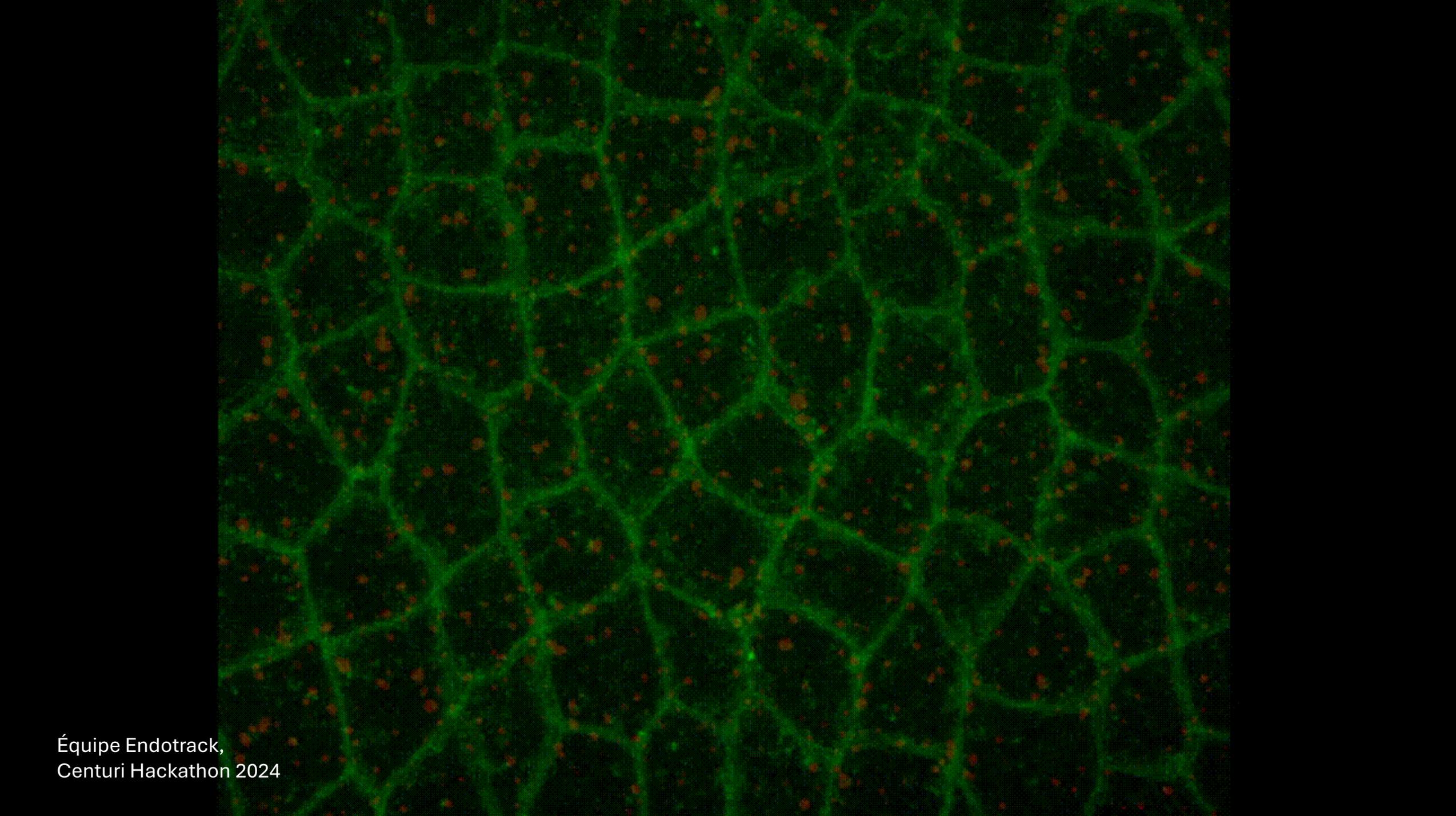


La Vie Secrète des Cellules (et comment la découvrir)

Piyush MISHRA

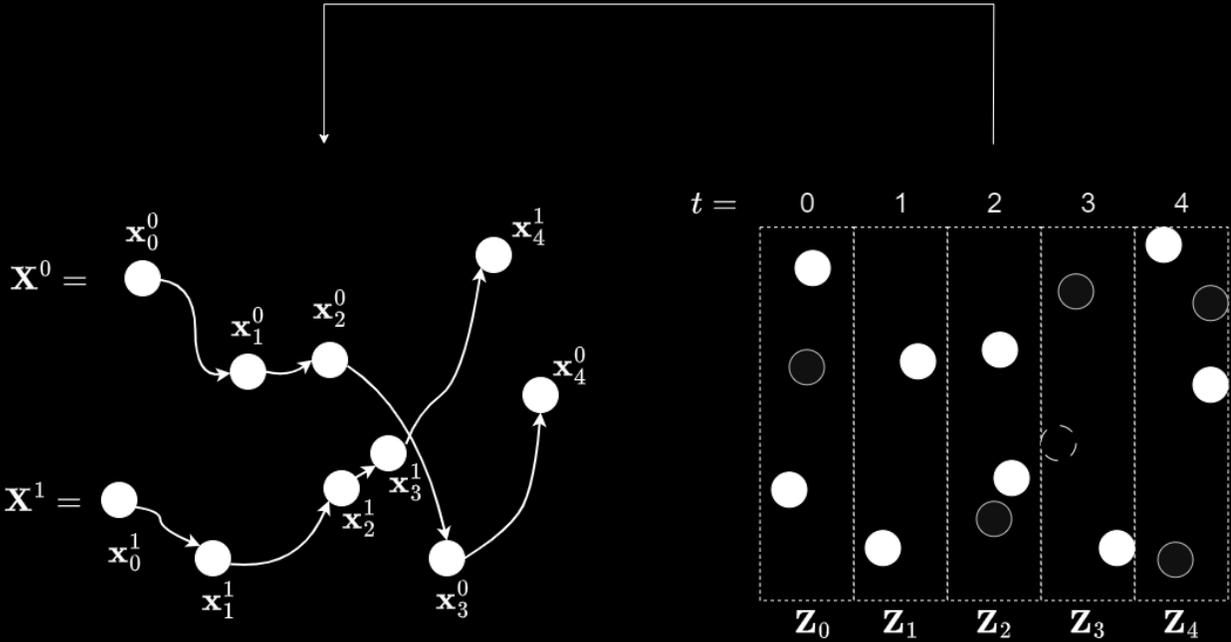
Inst. de Mathématiques de Marseille &
Inst. Fresnel





Équipe Endotrack,
Centuri Hackathon 2024

La correspondance mesures-états est un problème inverse d'association de données



$$\mathbf{X} = \{\mathbf{X}^p\}_{p=0:N-1}$$

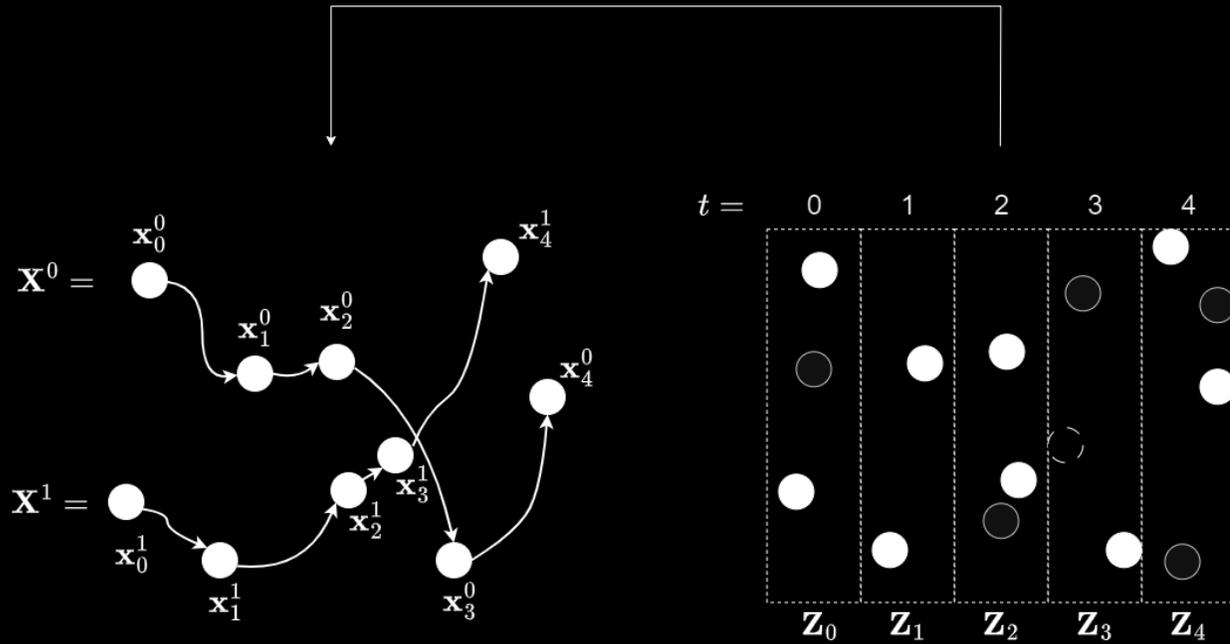
états

$$\mathbf{Z} = \{\mathbf{Z}_t\}_{t=0:T-1}$$

mesures

$$\mathbf{Z} = \mathbf{\Lambda} \cdot \mathbf{X} + \epsilon$$

L'association de données est un problème combinatoire (et donc difficile)

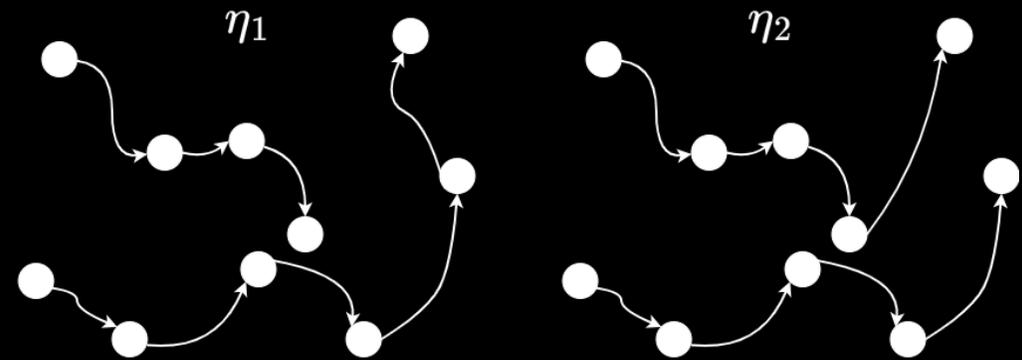


$$\mathbf{X} = \{\mathbf{X}^p\}_{p=0:N-1}$$

états

$$\mathbf{Z} = \{\mathbf{Z}_t\}_{t=0:T-1}$$

mesures



$$|\eta_i| \propto N!^t$$

hypothèses

$$\mathbf{Z} = \mathbf{\Lambda} \cdot \mathbf{X} + \epsilon$$

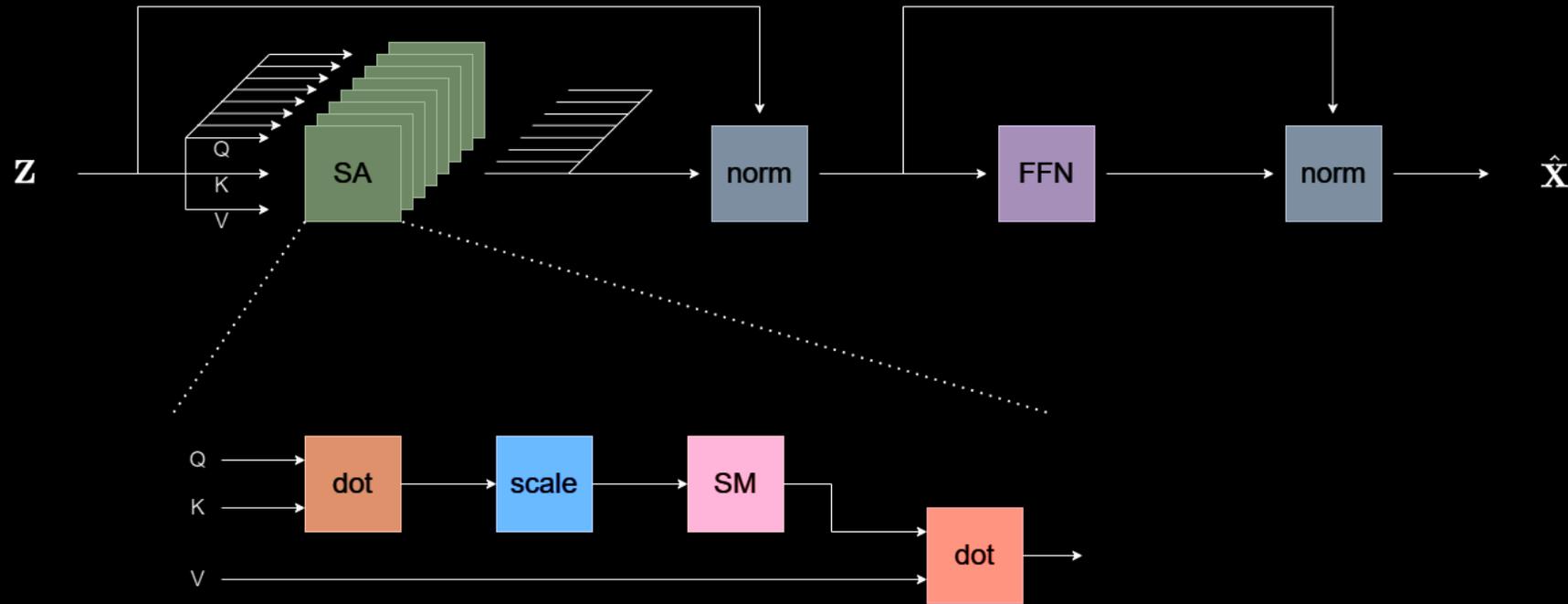
Les méthodes conventionnelles recourent à un estimateur itératif sous-optimal

$$p(\mathbf{X}_t | \mathbf{Z}_{1:t}) = \underbrace{p(\mathbf{Z}_t | \mathbf{X}_t)}_{\text{association}} \int \underbrace{p(\mathbf{X}_t | \mathbf{X}_{t-1})}_{\text{prediction}} \underbrace{p(\mathbf{X}_{t-1} | \mathbf{Z}_{1:t-1})}_{\text{a priori}} d\mathbf{X}$$

Les méthodes conventionnelles doivent élaguer prématurément les hypothèses

$$p(\mathbf{X}_t | \mathbf{Z}_{1:t}) = \underbrace{p(\mathbf{Z}_t | \mathbf{X}_t)}_{\text{association}} \int \underbrace{p(\mathbf{X}_t | \mathbf{X}_{t-1})}_{\text{prediction}} \underbrace{p(\mathbf{X}_{t-1} | \mathbf{Z}_{1:t-1})}_{\text{a priori}} d\mathbf{X}$$
$$= \sum_{\boldsymbol{\eta}_p^t \in \mathbf{H}'_t} p(\mathbf{Z}_t | \mathbf{X}_t, \boldsymbol{\eta}_p^t) p(\boldsymbol{\eta}_p^t | \mathbf{X}_t) \int \underbrace{p(\mathbf{X}_t | \mathbf{X}_{t-1})}_{\text{prediction}} \underbrace{p(\mathbf{X}_{t-1} | \mathbf{Z}_{1:t-1})}_{\text{a priori}} d\mathbf{X}$$

L'attention peut prendre des décisions à la fois sur les états et sur les hypothèses

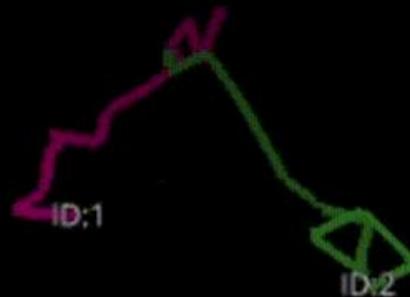


$$\hat{\mathbf{X}} = \text{concat} \left(\text{softmax} \left(\frac{\mathbf{Z}_m \mathbf{W}_{q,m} (\mathbf{Z}_m \mathbf{W}_{k,m})^T}{\sqrt{d_k}} \right) \mathbf{Z}_m \mathbf{W}_{v,m}, \forall m \in \left[1, \frac{h}{n_h} \right] \subset \mathbb{N} \right) \cdot \mathbf{W}_l$$

Un simple dispositif experimental pour une preuve de concept

$$y^{t,p} = y^{t-1,p} + \varepsilon^{t,p} + \delta^p$$

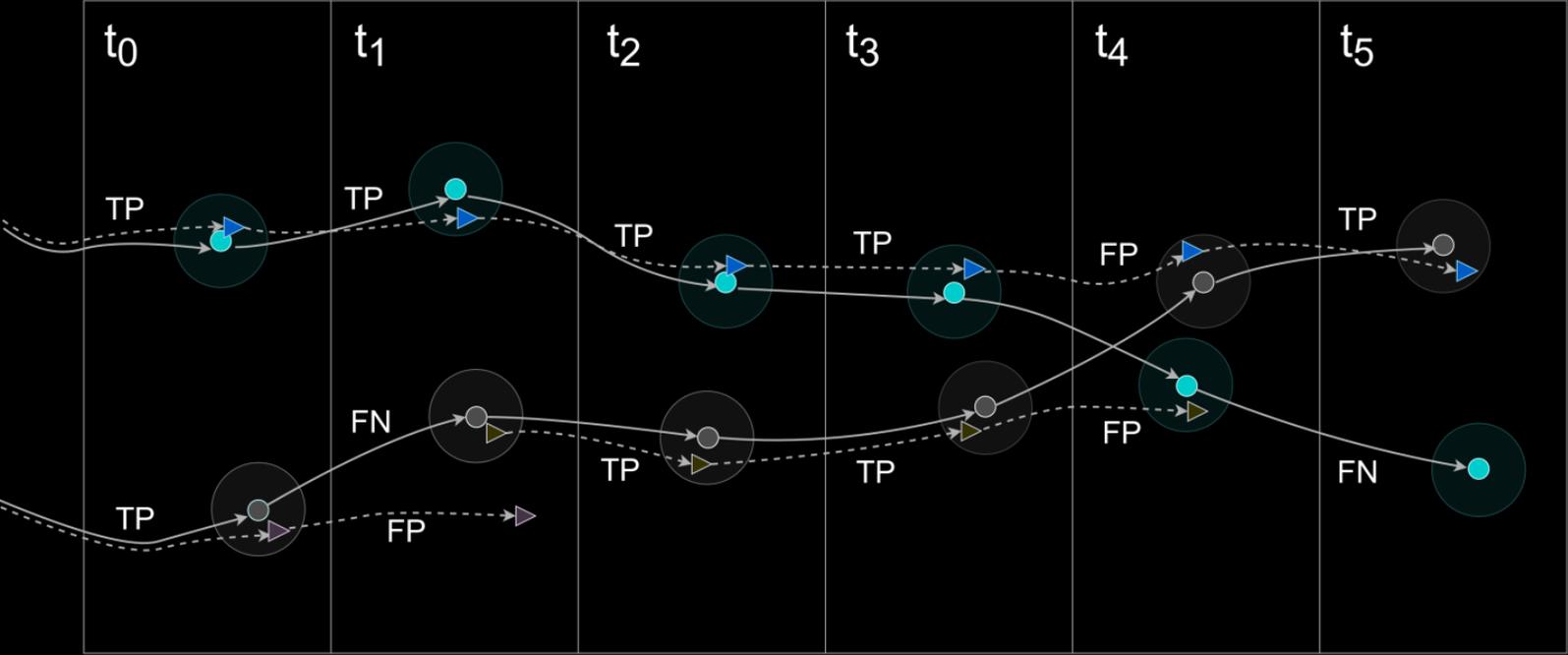
glissement
aléatoire avec
bruit de
processus



$$z^{t,p} = y^{t,p} + \omega^p$$

bruit de mesure

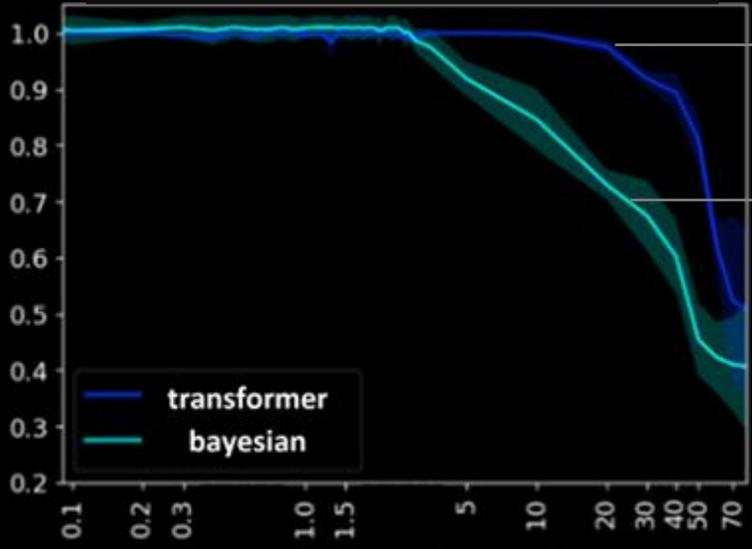
La similarité vérité terrain-prediction est mesurée par le coefficient de Jaccard



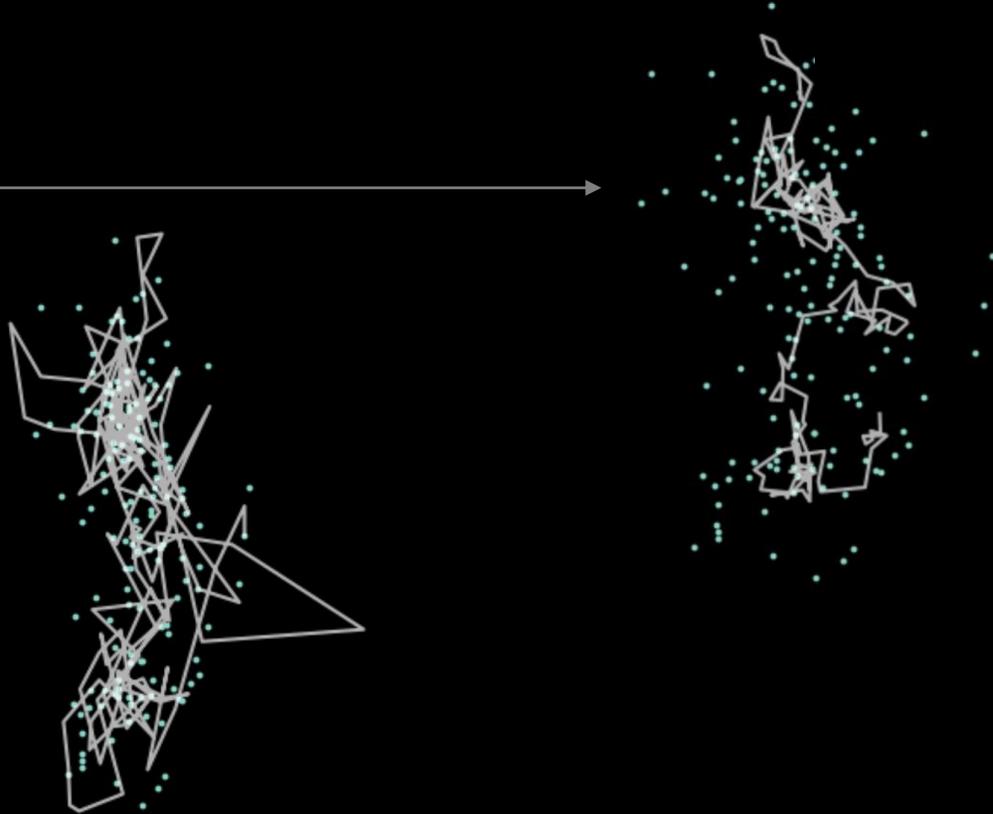
L'attention est robuste au bruit croissant dans les longues séquences

coefficient de Jaccard

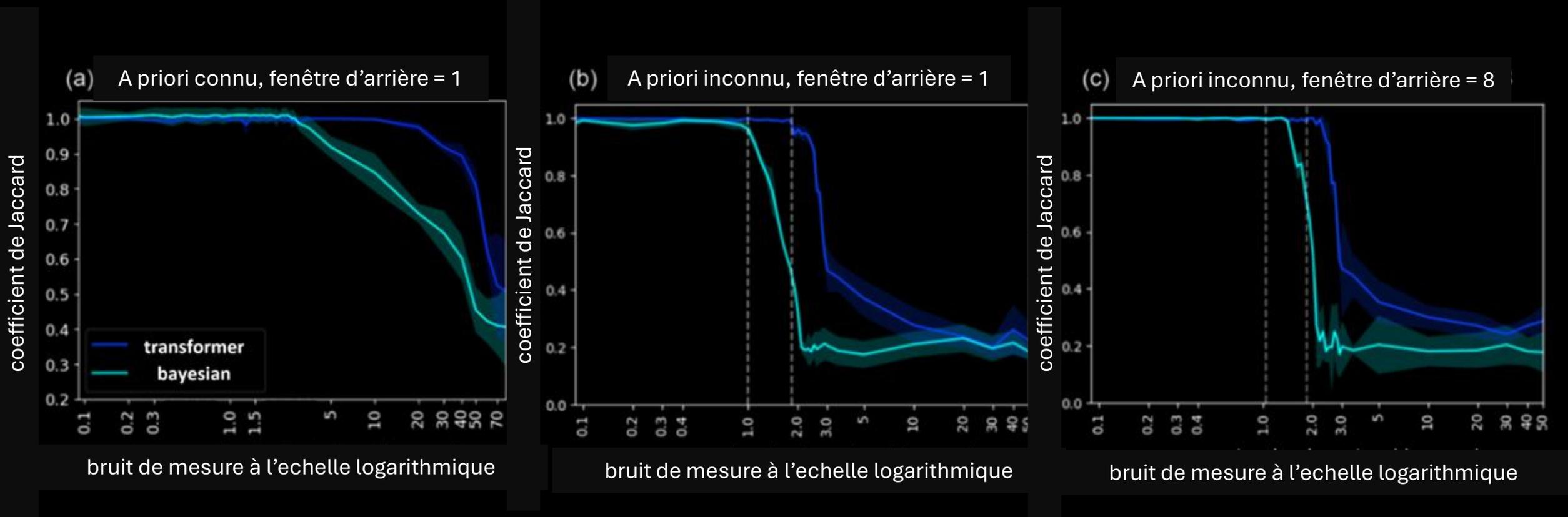
(a) A priori connu, fenêtre d'arrière = 1



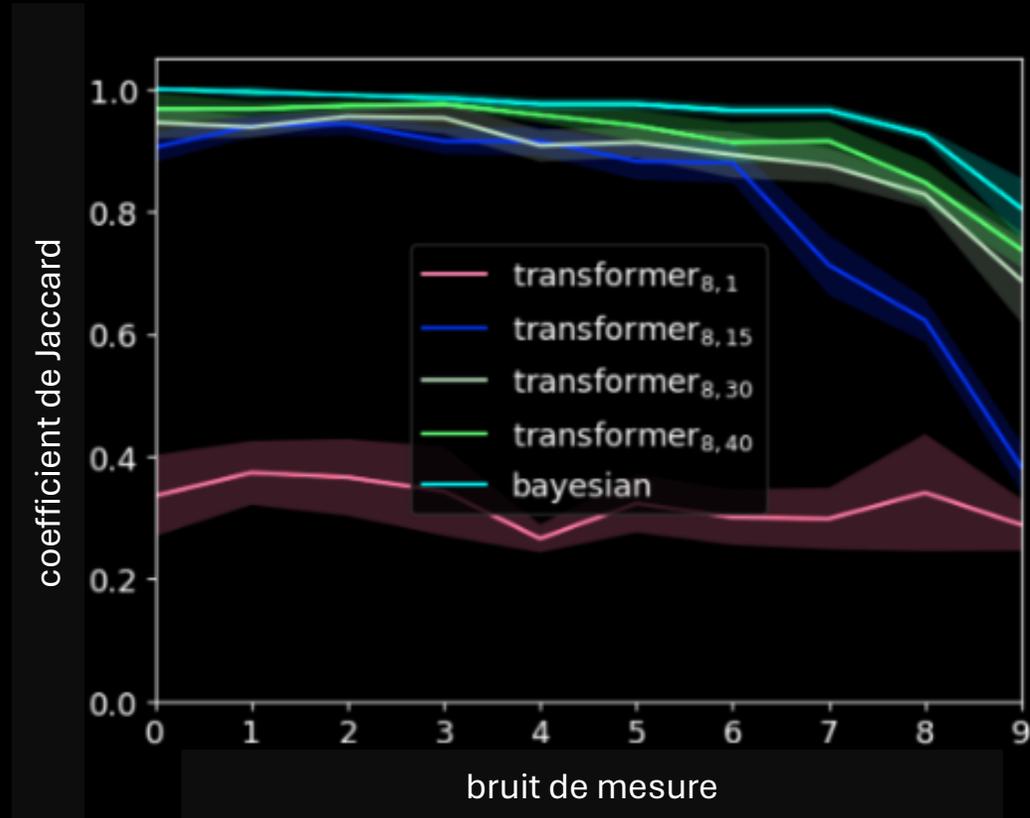
bruit de mesure à l'échelle logarithmique



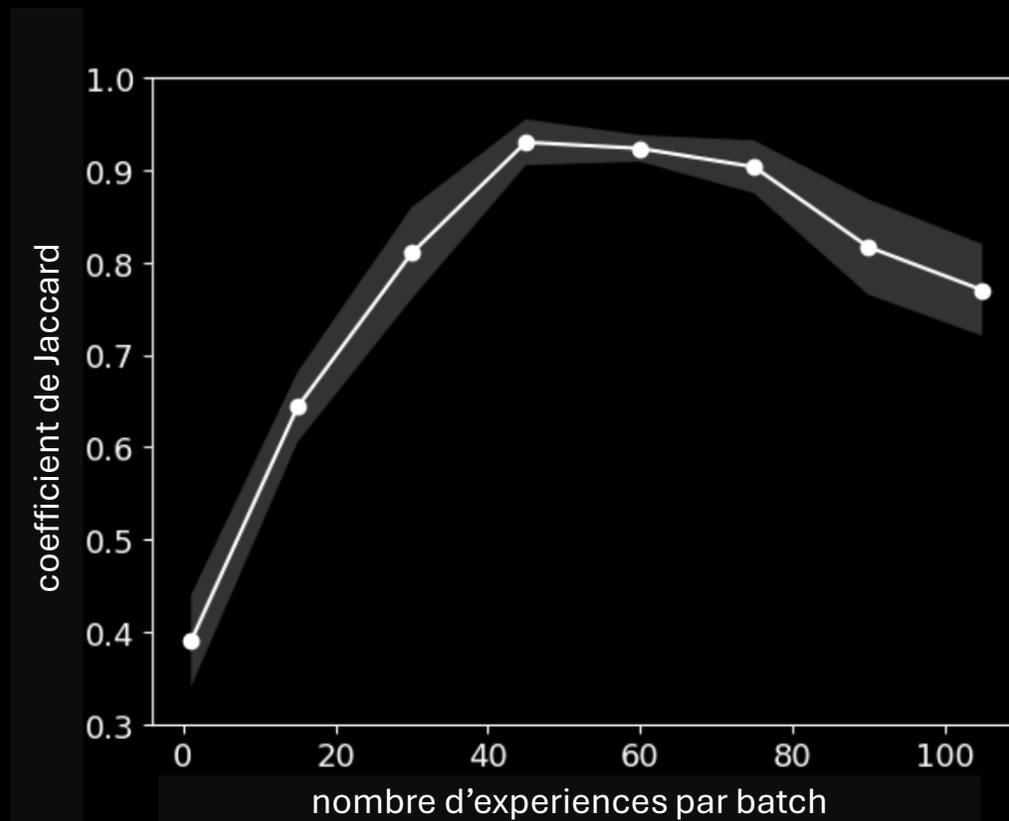
Augmenter la fenêtre d'arrière pourrait potentiellement améliorer les performances



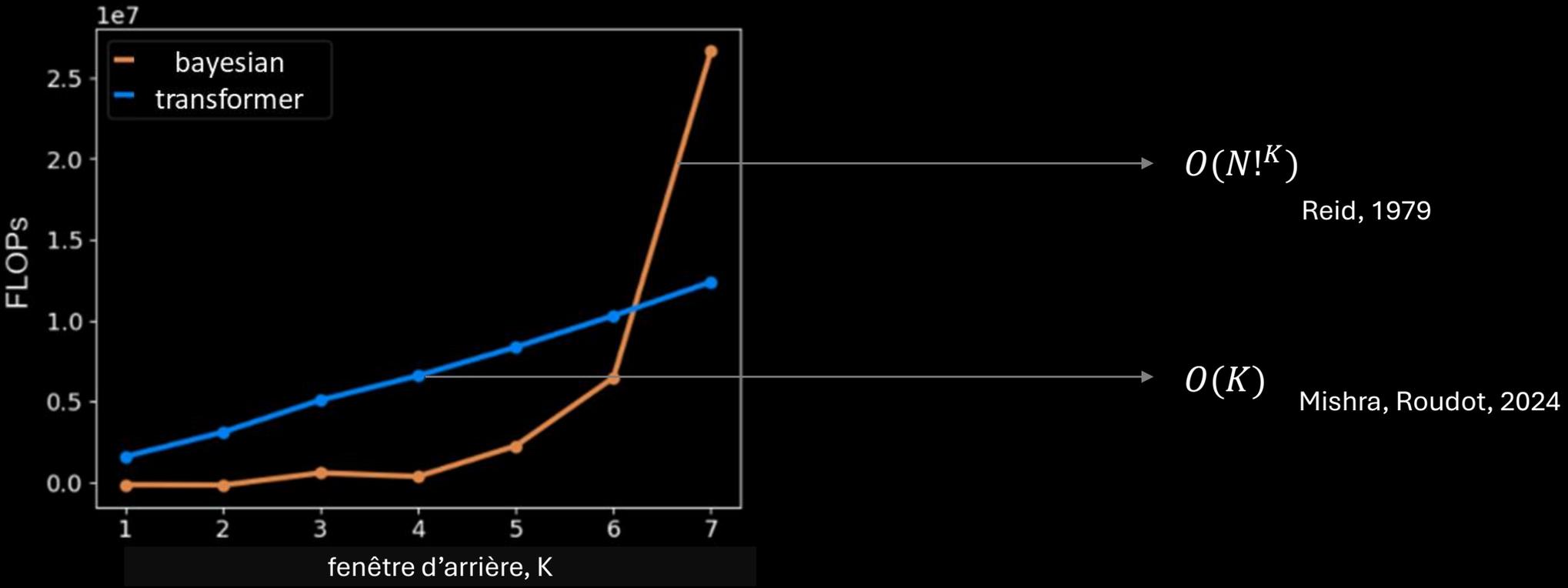
Lorsque le filtrage Bayésien est optimal, l'attention est sous-optimale



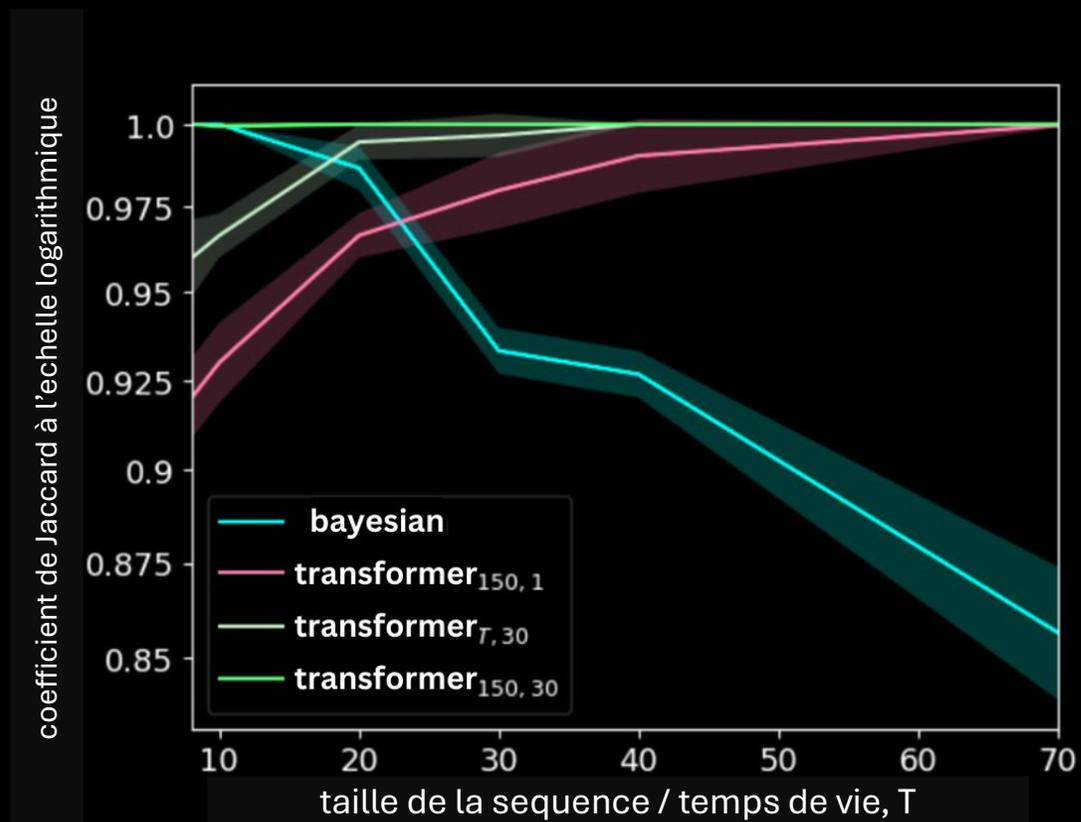
Lorsque le filtrage Bayésien est optimal, l'attention reste sous-optimale



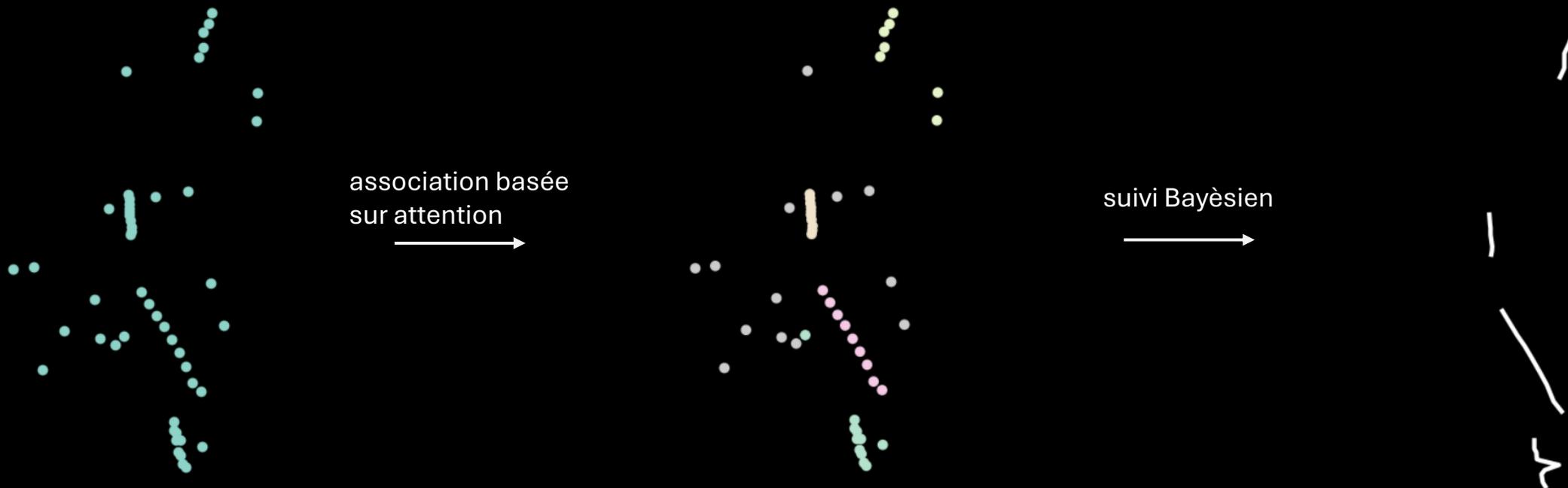
L'attention est plus efficace lorsqu'on augmente la fenêtre d'arrière



L'attention est robuste à la taille croissante des séquences

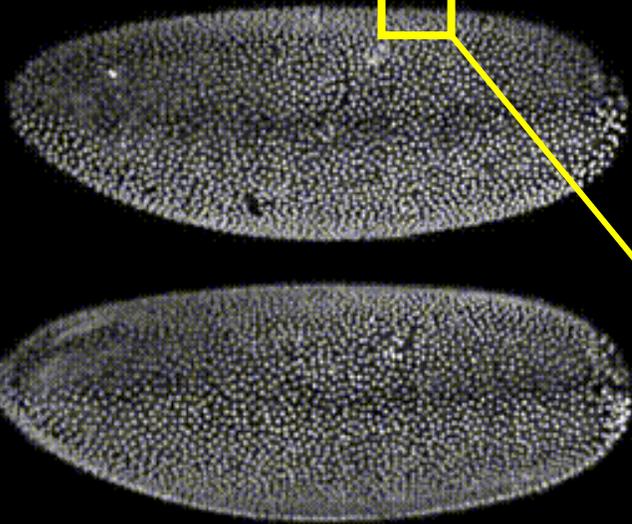


En cours : une stratégie frugale pour construire des a priori globaux

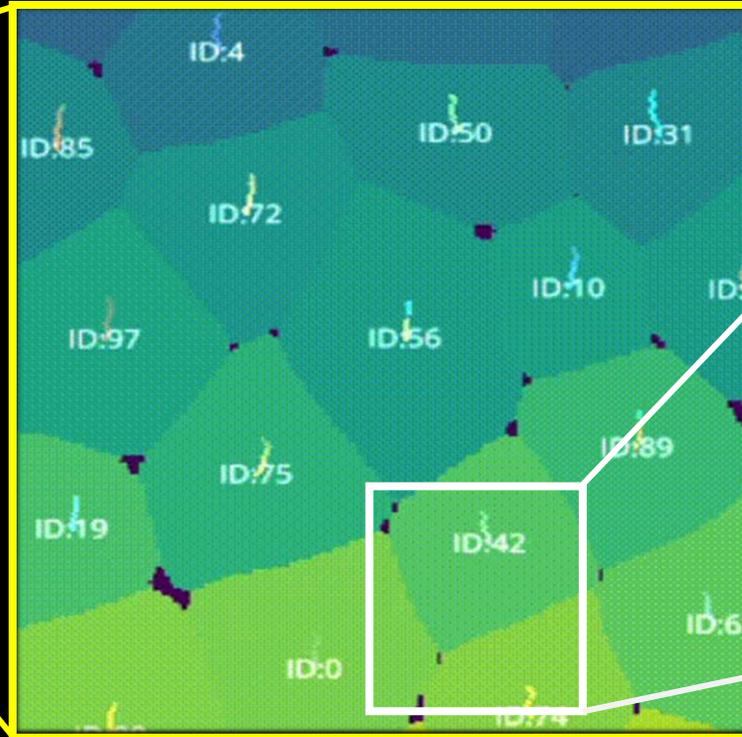


En cours : entraînement sur des simulations physiologiquement pertinentes

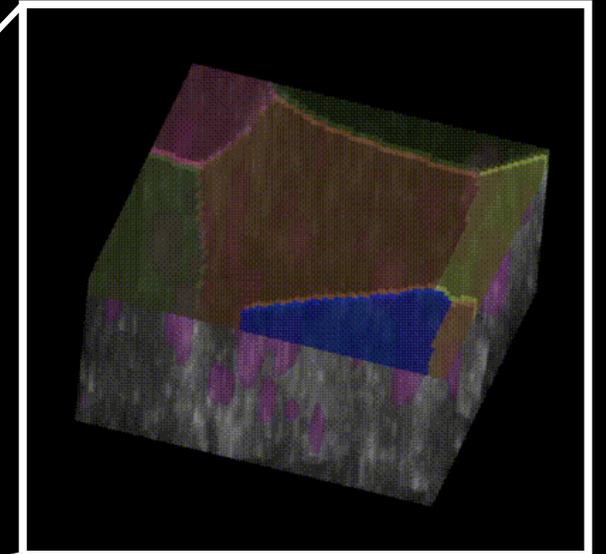
Applications & résultats préliminaires : tenir debout sur une cellule en mouvement



Images microscopiques
des embryons des mouches,
C. Collinet, IBDM

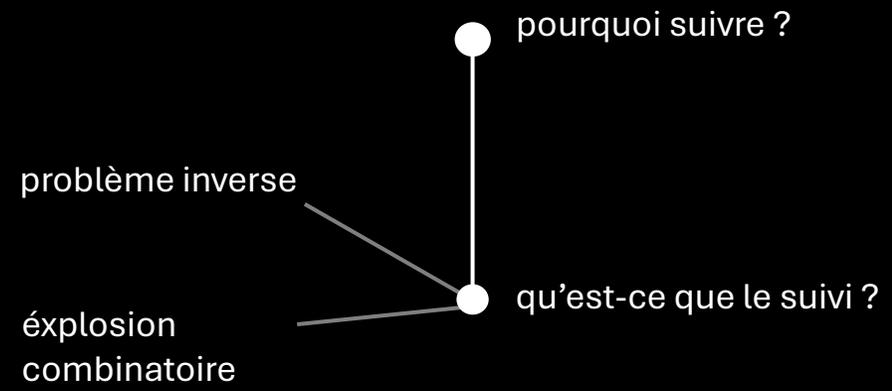


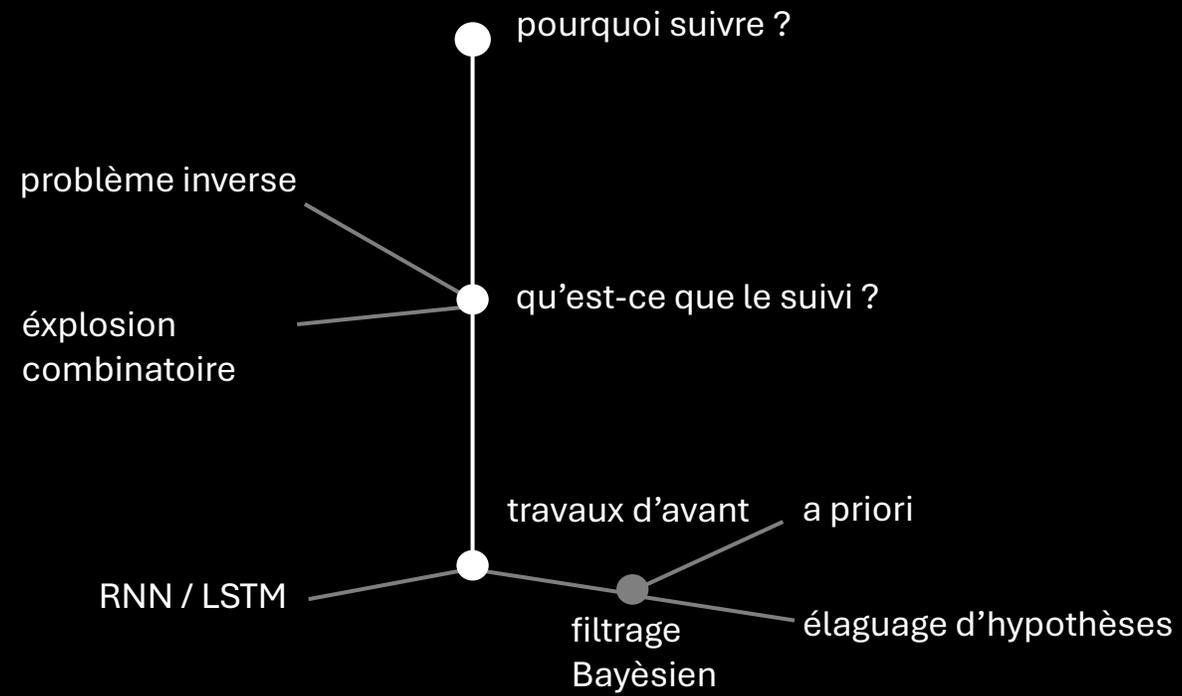
Suivre les cellules
avec la stratégie hybride
Attention-Bayésienne

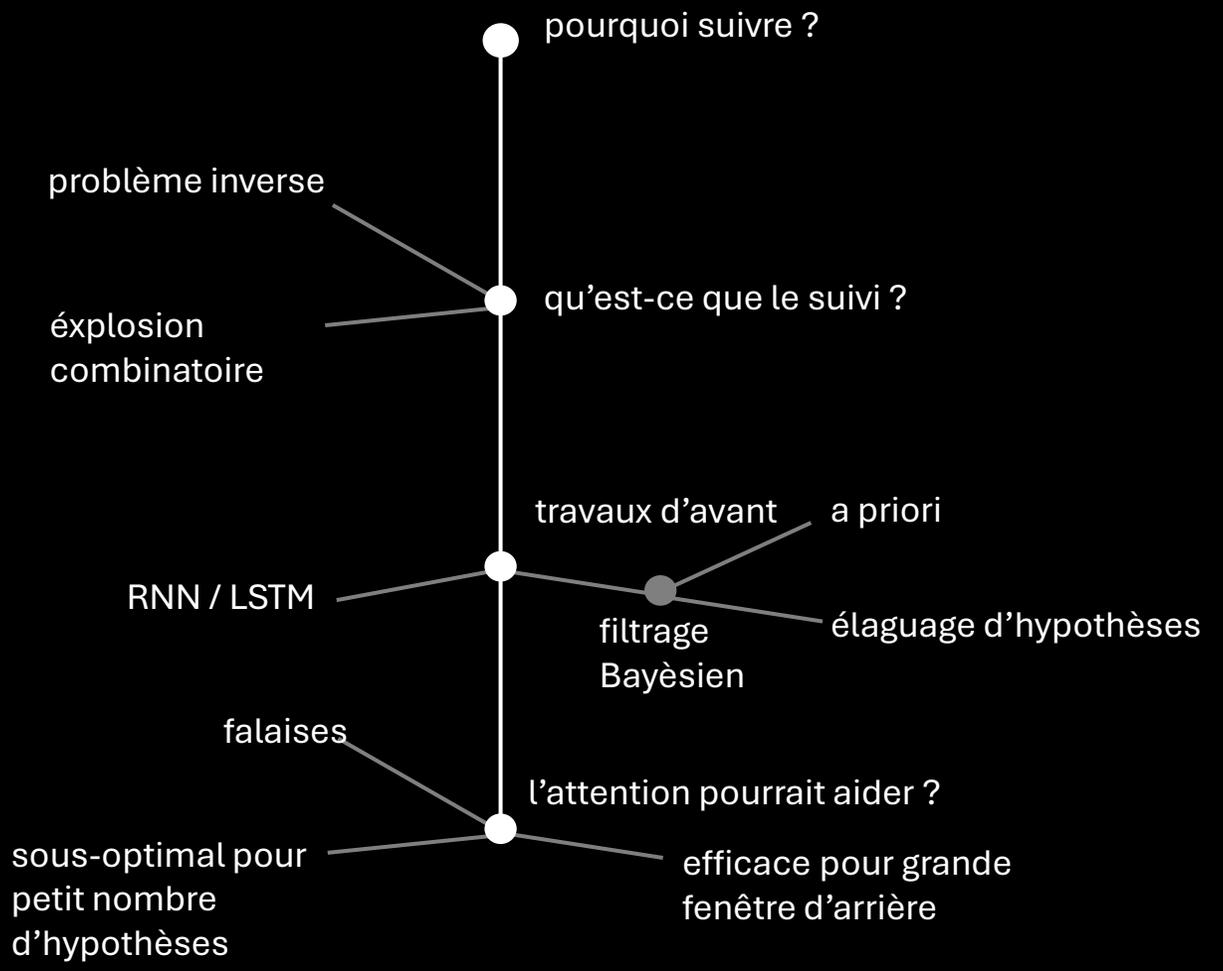


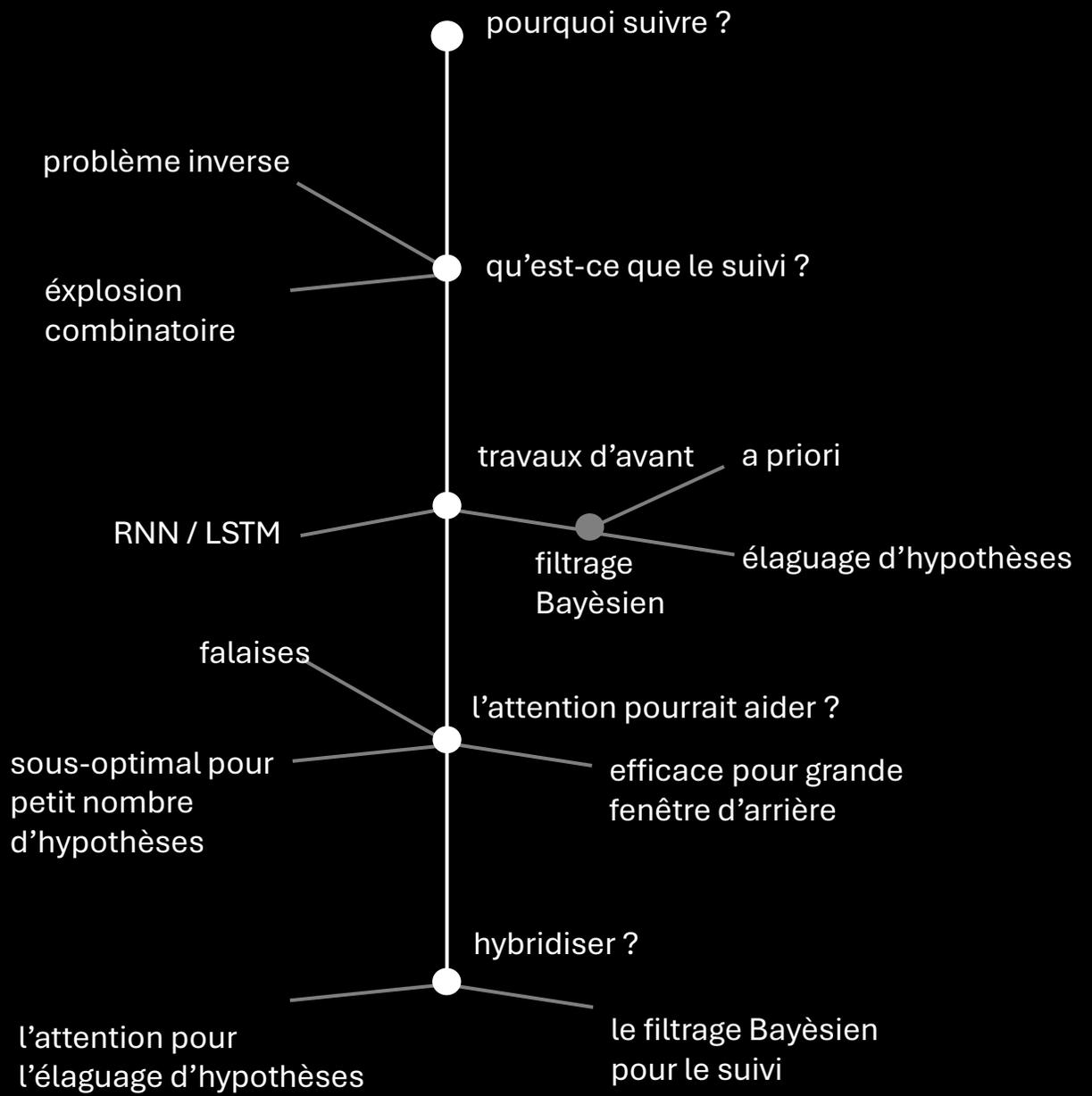
Région d'intérêt stabilisée
Équipe Endotrack
Centuri Hackathon, 2024

- pourquoi suivre ?









amU



INSTITUT
de MATHÉMATIQUES
de MARSEILLE



Centrale
Méditerranée



CENTURI
TURING CENTRE
FOR LIVING SYSTEMS

Merci de votre attention 😊



Mishra, Roudot, 2024

piyushmishra12.github.io