

Les rôles respectifs des a priori, du bruit et de la confiance dans l'apprentissage humain

Valentin Wyart

Laboratoire de Neurosciences
Cognitives et Computationnelles

Ecole Normale Supérieure

valentin.wyart@ens.fr



Titre alternatif :
**quand les limites du cerveau
humain deviennent une force**

Valentin Wyart

Laboratoire de Neurosciences
Cognitives et Computationnelles

Ecole Normale Supérieure

valentin.wyart@ens.fr



Décider en situation d'incertitude,
c'est par exemple...

Décider en situation d'incertitude,
c'est par exemple...

interpréter la
cause de stimuli
ambigus



Décider en situation d'incertitude, c'est par exemple...

interpréter la
**cause de stimuli
ambigus**



évaluer les
**conséquences
de nos actions**

A photograph of a ballot paper for the 2016 Brexit referendum. The text on the ballot is partially visible and includes the following options:

... of the European Union

...ly once by putting a cross in the box next to

...ice

...e United Kingdom remain a member of the
Union or leave the European Union?

... a member of the European Union

... Leave the European Union

Décider en situation d'incertitude, c'est par exemple...

interpréter la
**cause de stimuli
ambigus**



évaluer les
**conséquences
de nos actions**

A tilted ballot paper for the 2016 Brexit referendum. The text on the ballot is as follows:
... of the European Union
...ly once by putting a cross in the box next to
...ice
...e United Kingdom remain a member of the
...ion or leave the European Union?
... a member of the European Union
... Leave the European Union

Décider en situation d'incertitude, c'est par exemple...

interpréter la
**cause de stimuli
ambigus**

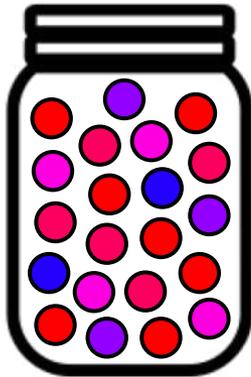


évaluer les
**conséquences
de nos actions**

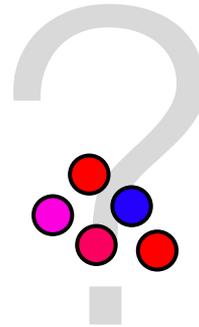
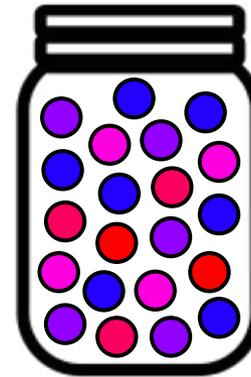


De quel pot les billes au centre ont-elles été tirées ?

pot A

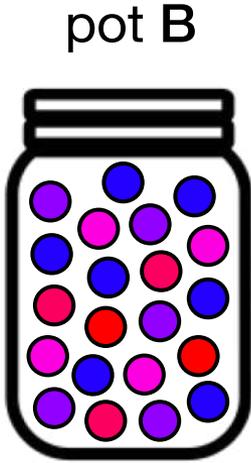
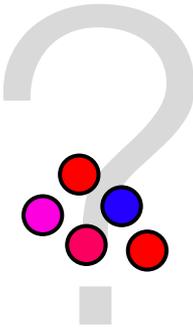
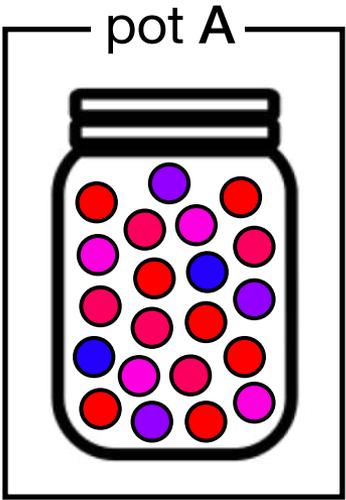


pot B



				
6:2	5:3	4:4	3:5	2:6
information				

De quel pot les billes au centre ont-elles été tirées ?

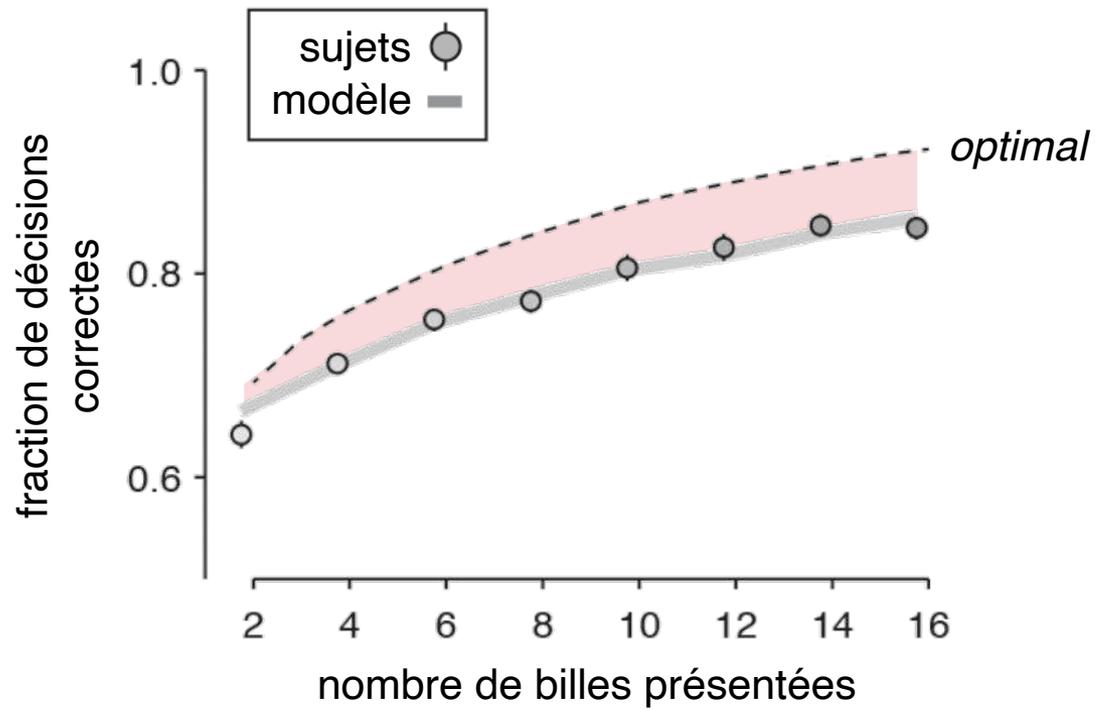


83%

17%

				
6:2	5:3	4:4	3:5	2:6
information				

De quel pot les billes au centre ont-elles été tirées ?

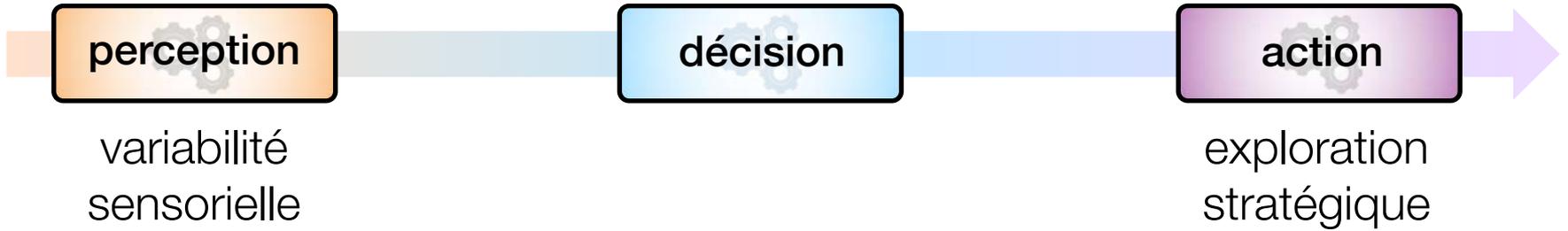


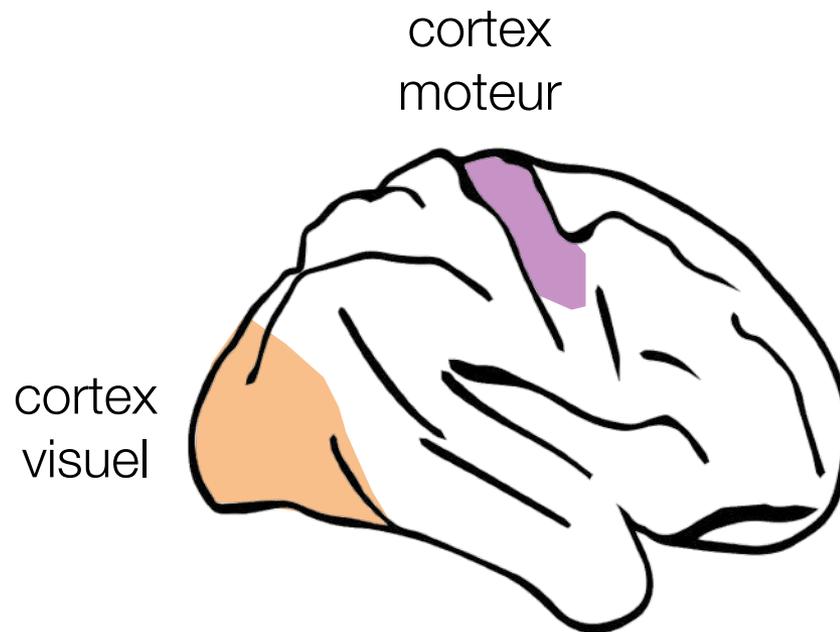
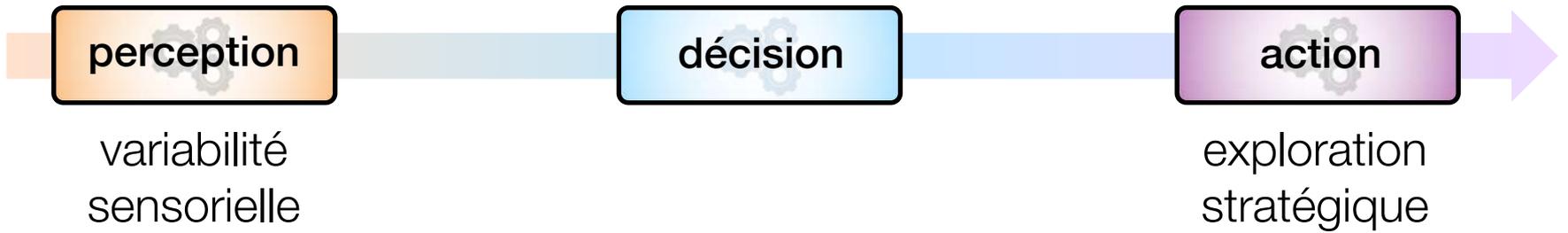


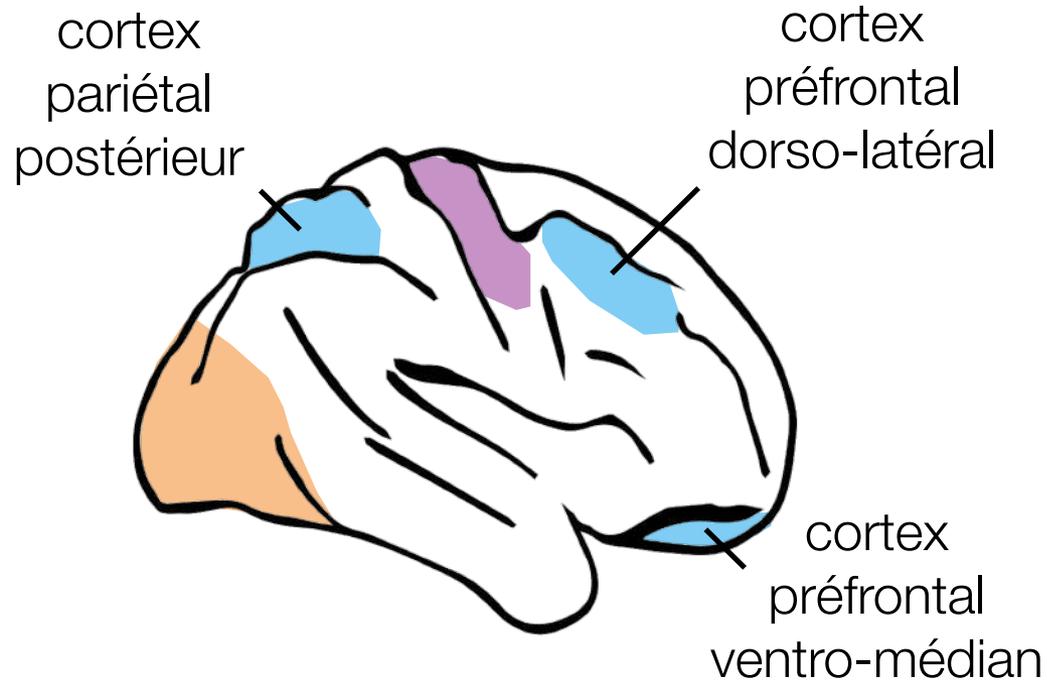
perception

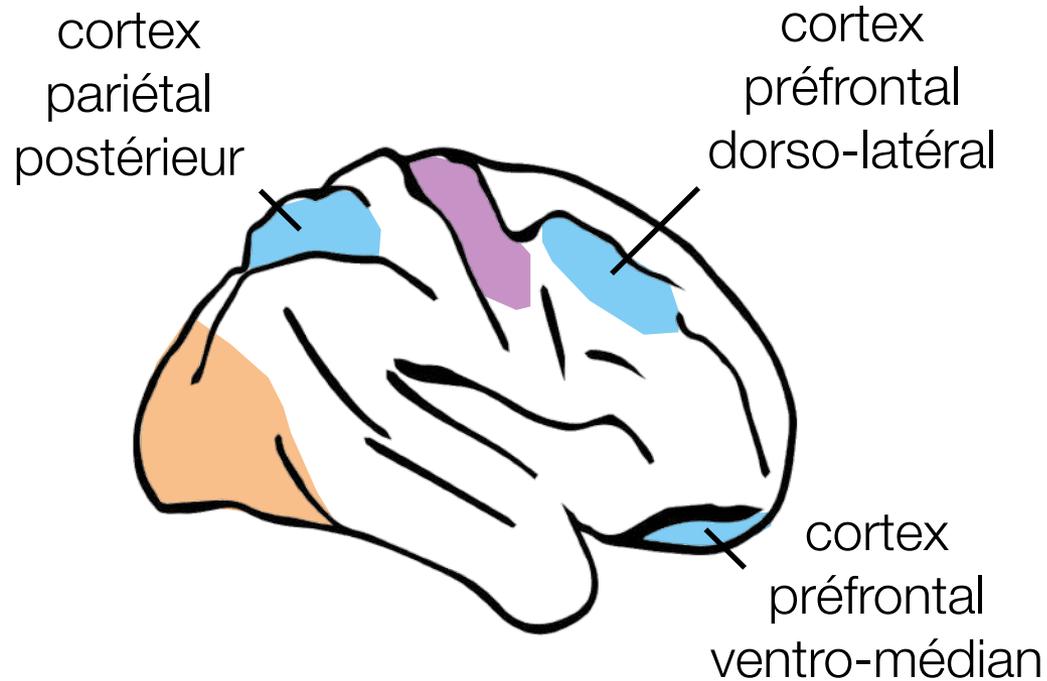
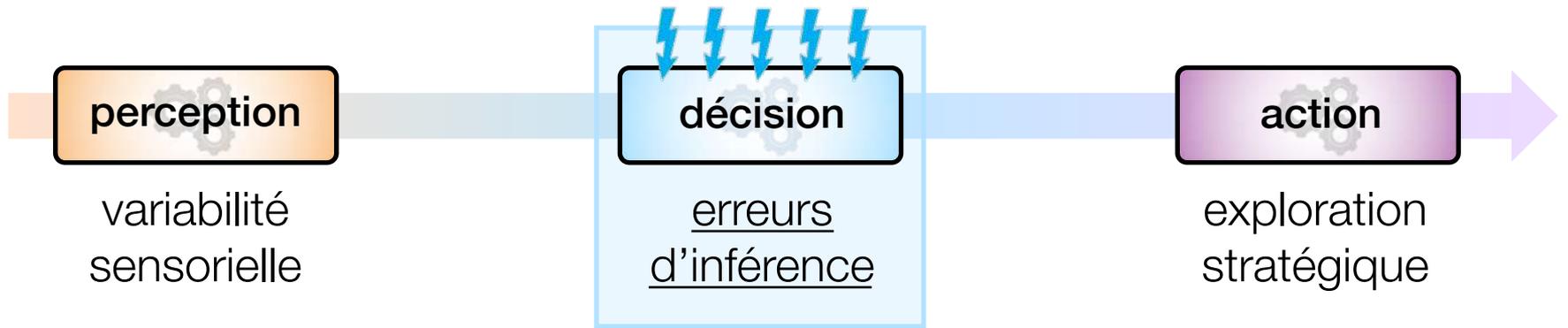
décision

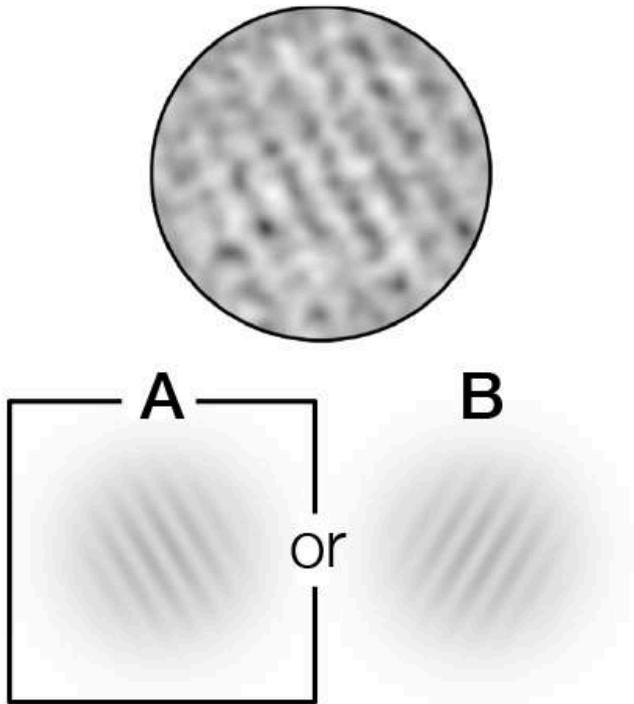
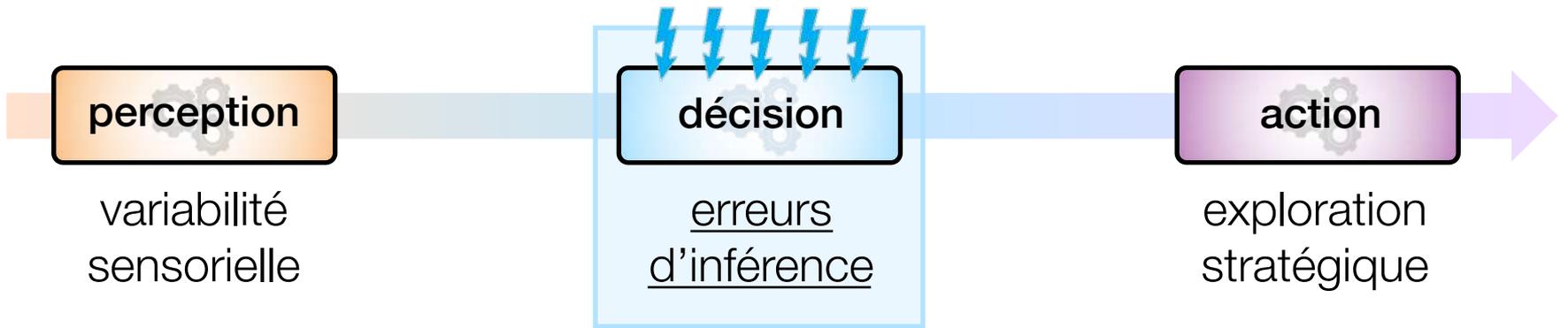
action

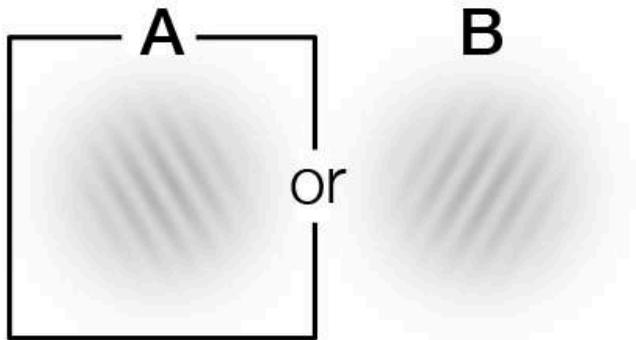
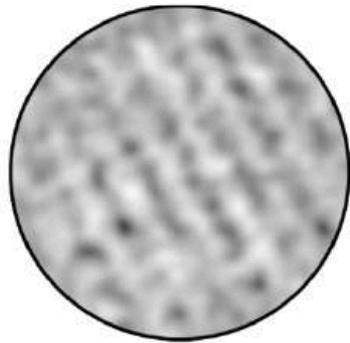
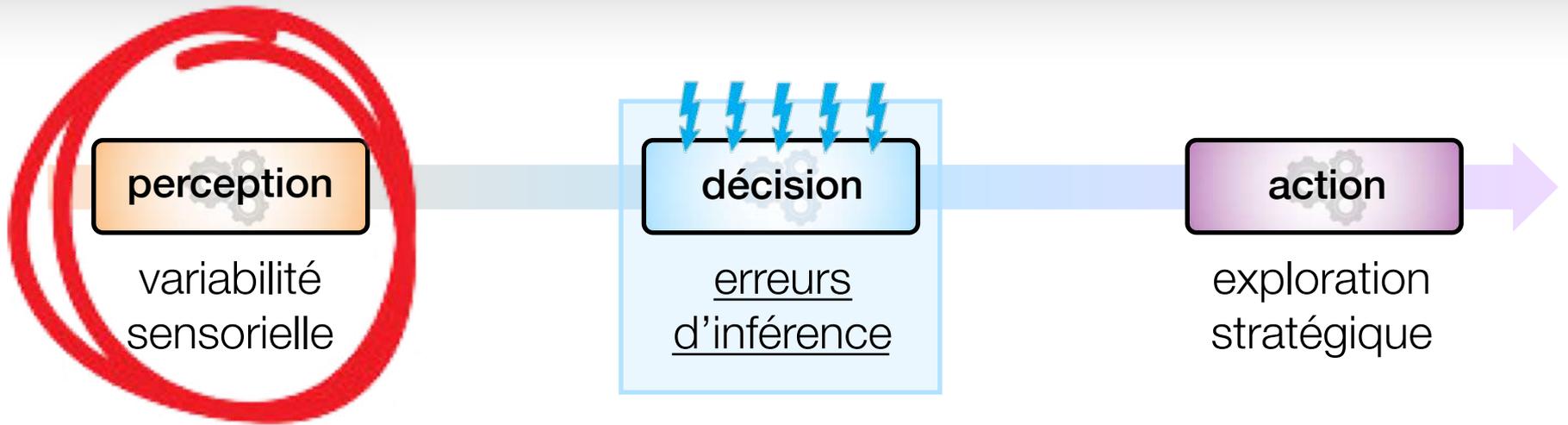


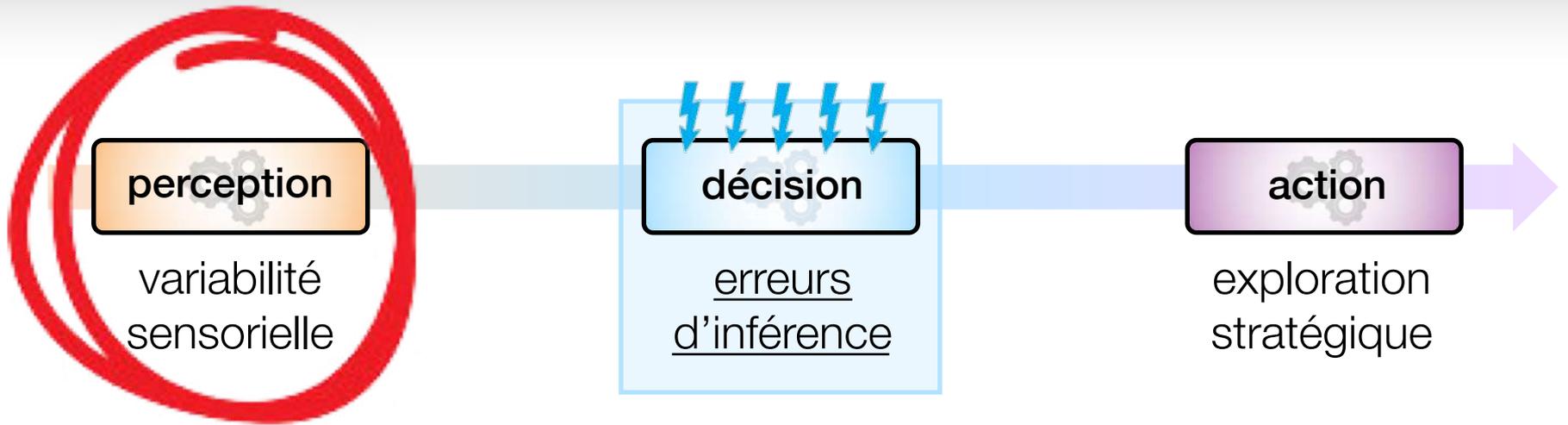




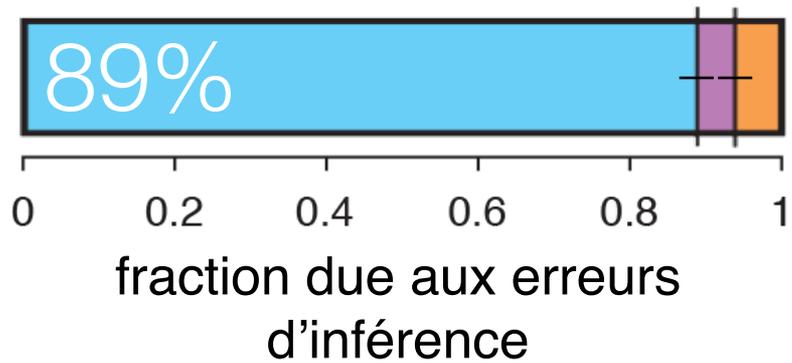


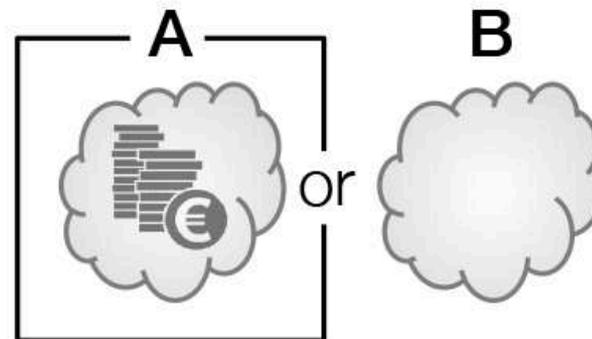
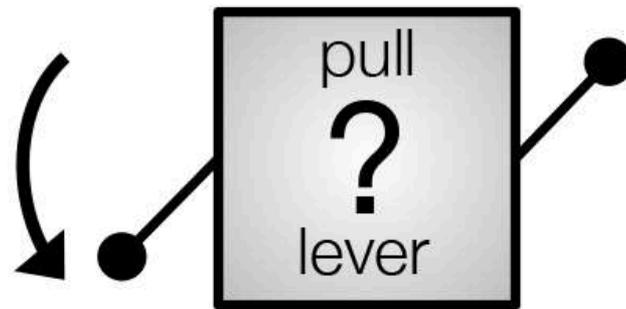
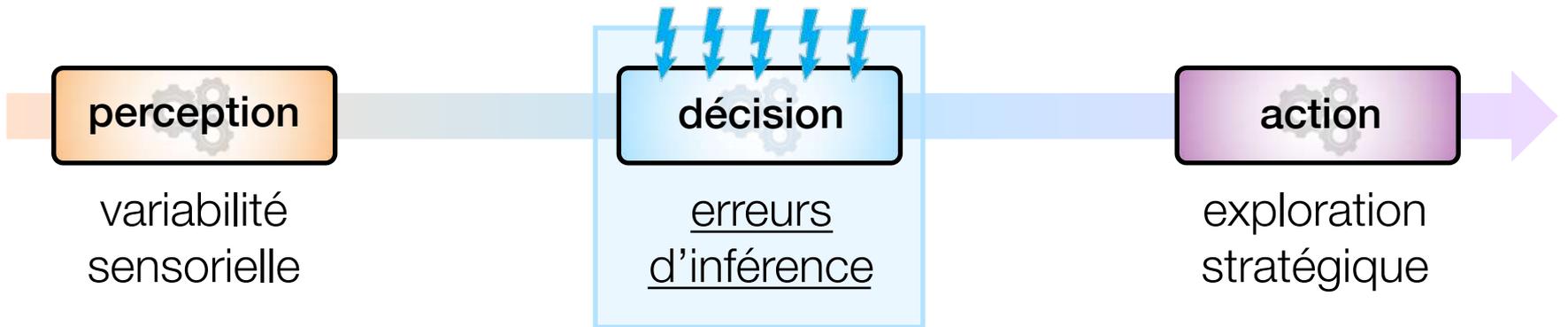


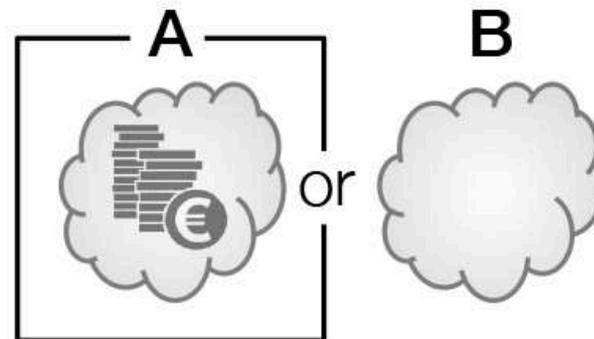
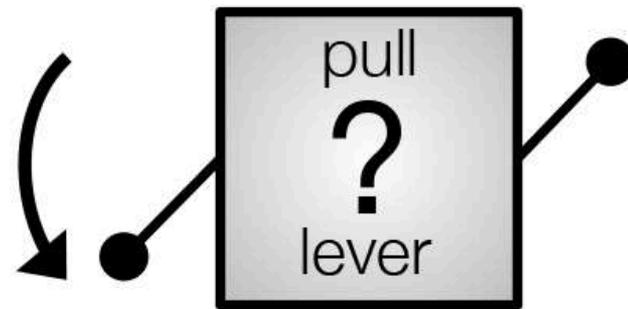
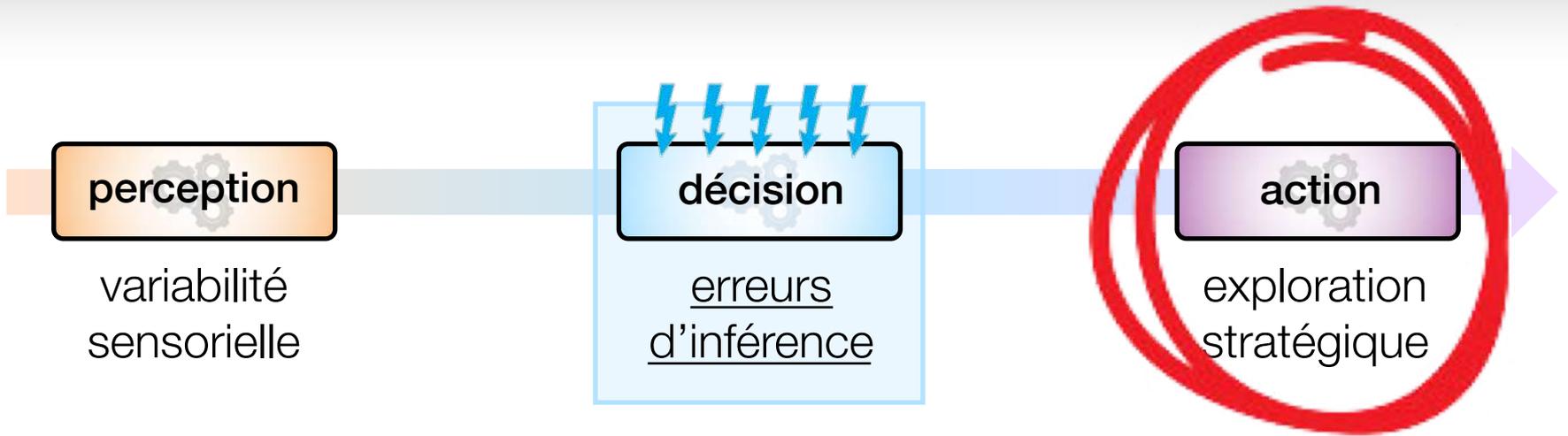


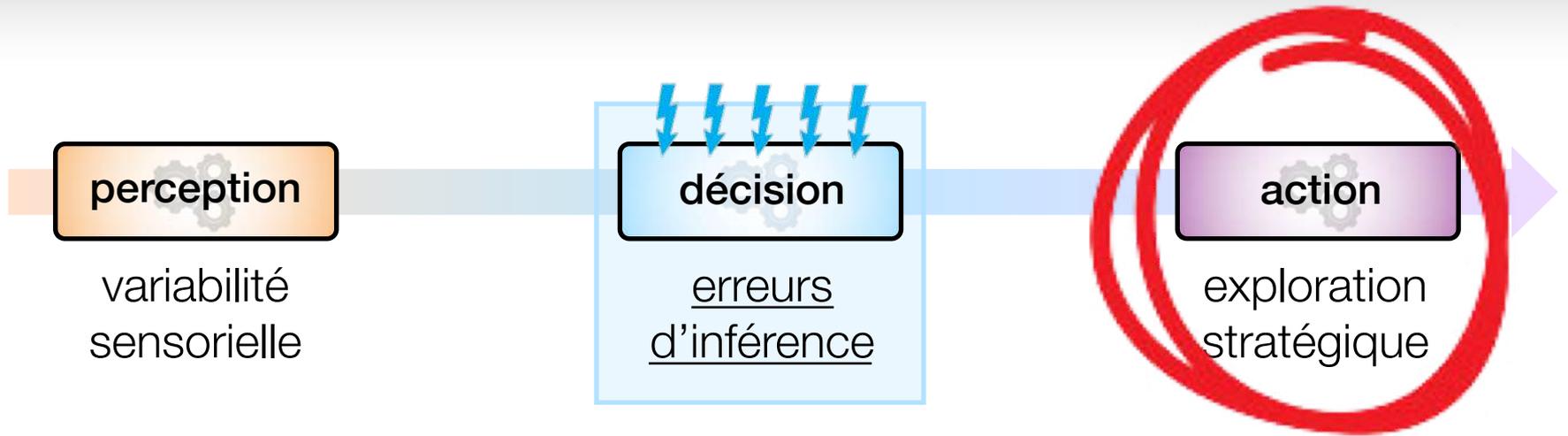


Drugowitsch, Wyart et al.
Neuron (2016)

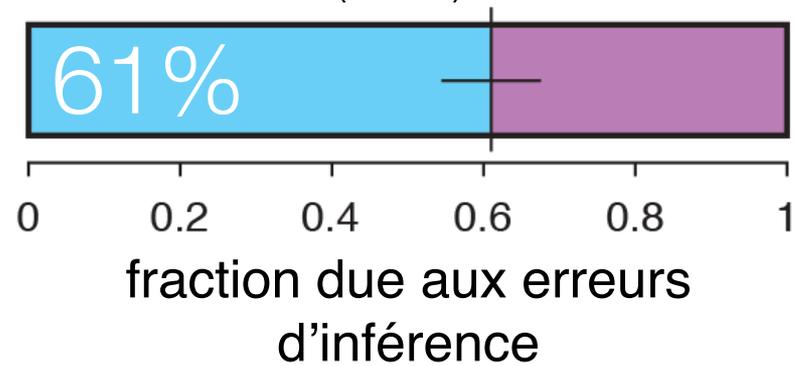


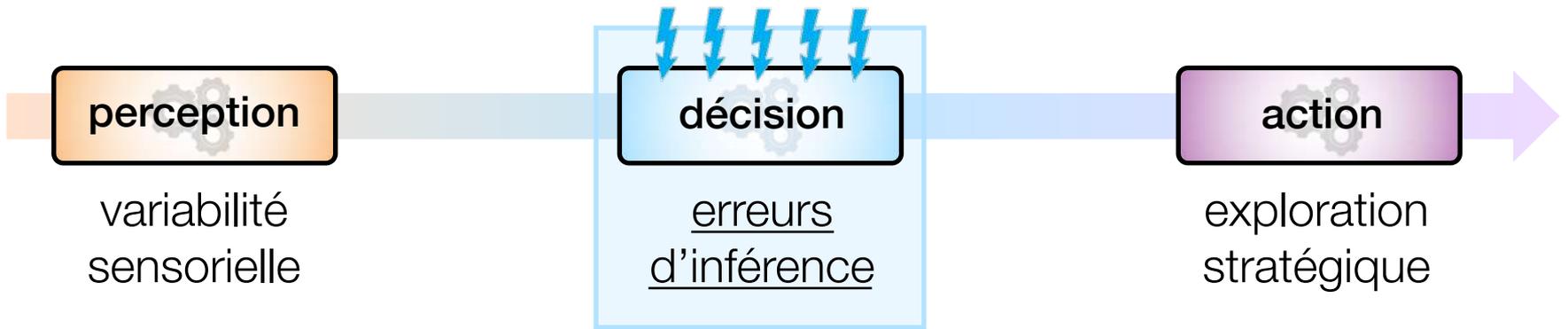


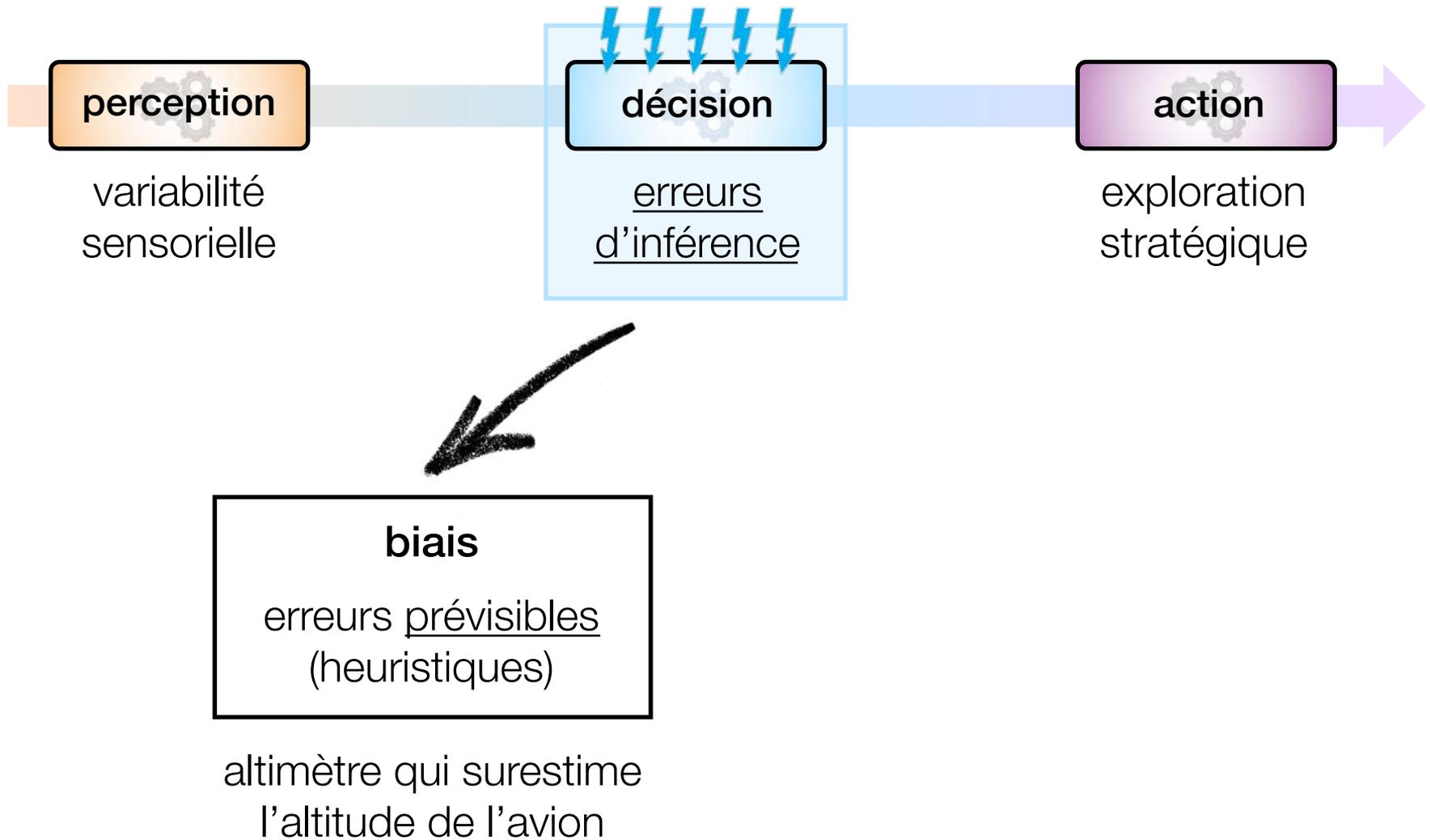


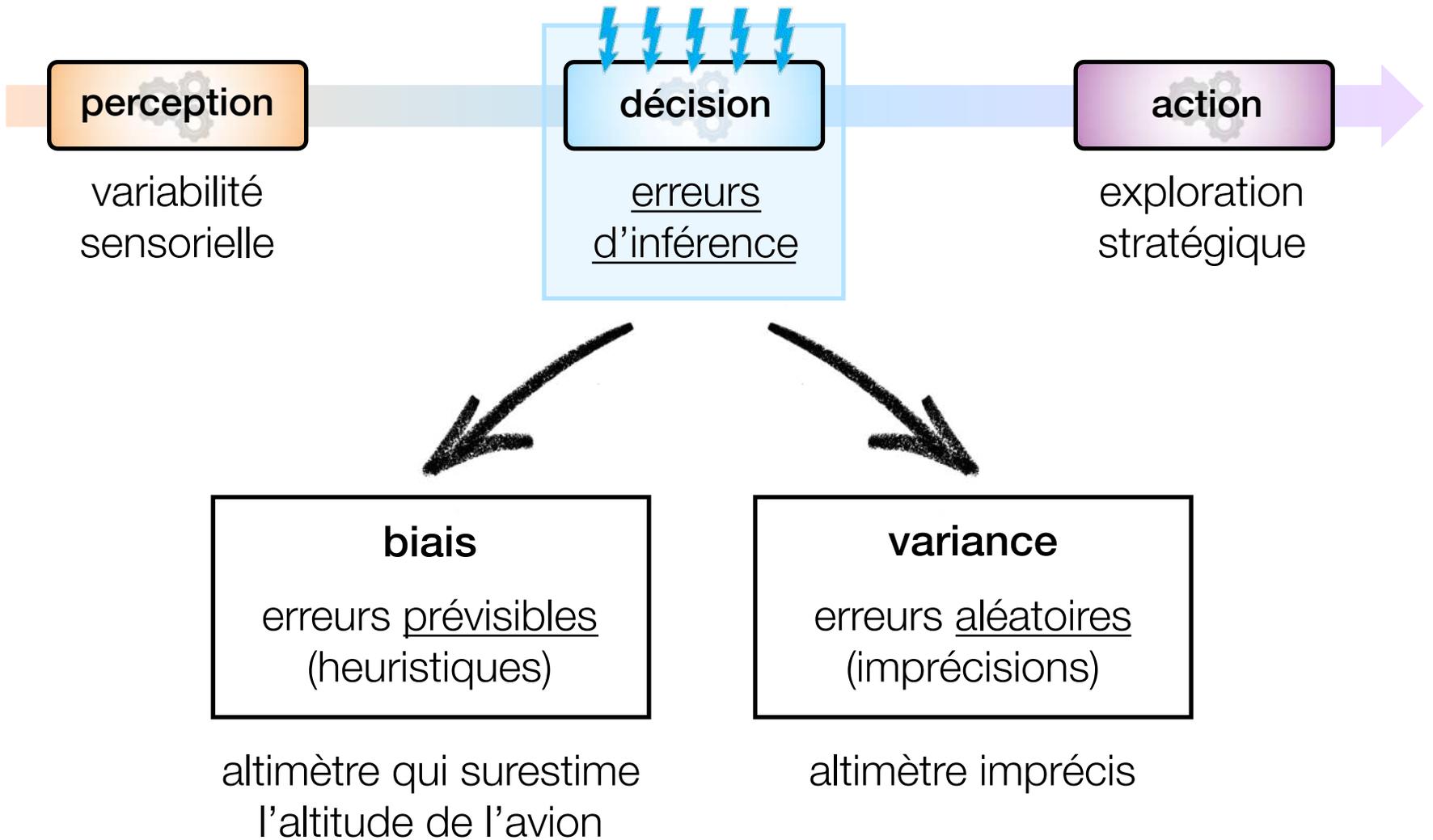


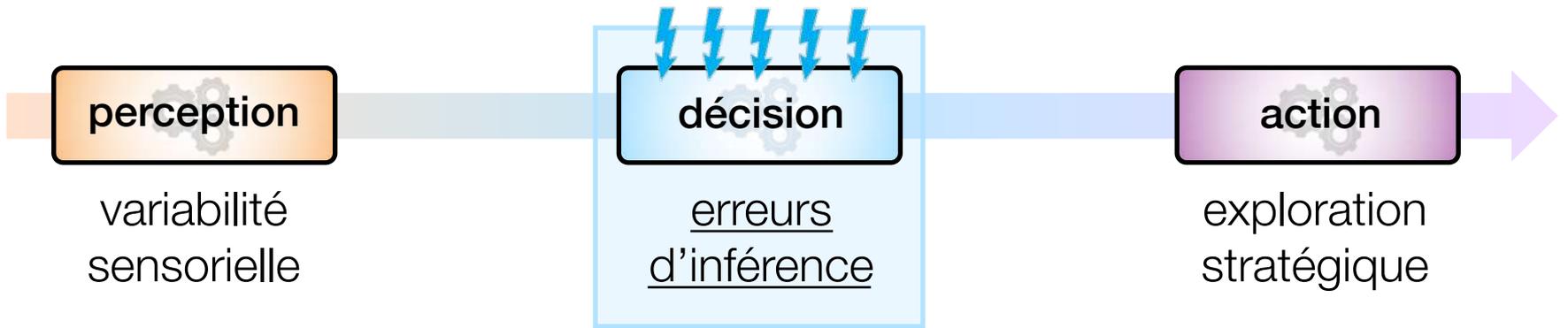
Findling, Skvortsova et al.
Nature Neuro. (2019)

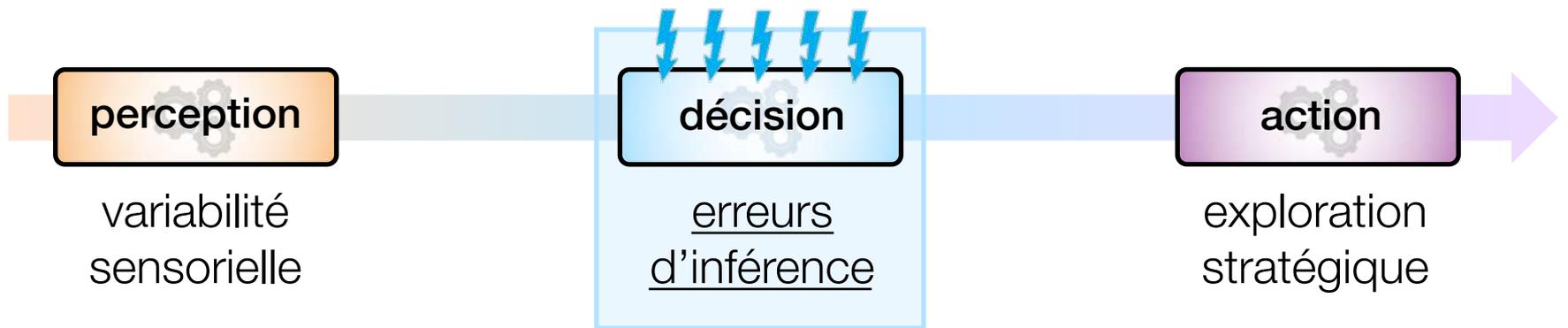








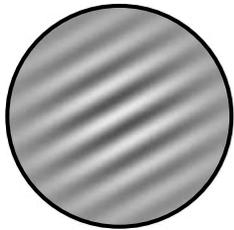




Est-ce que les mêmes erreurs d'inférence surviennent dans les mêmes conditions ?



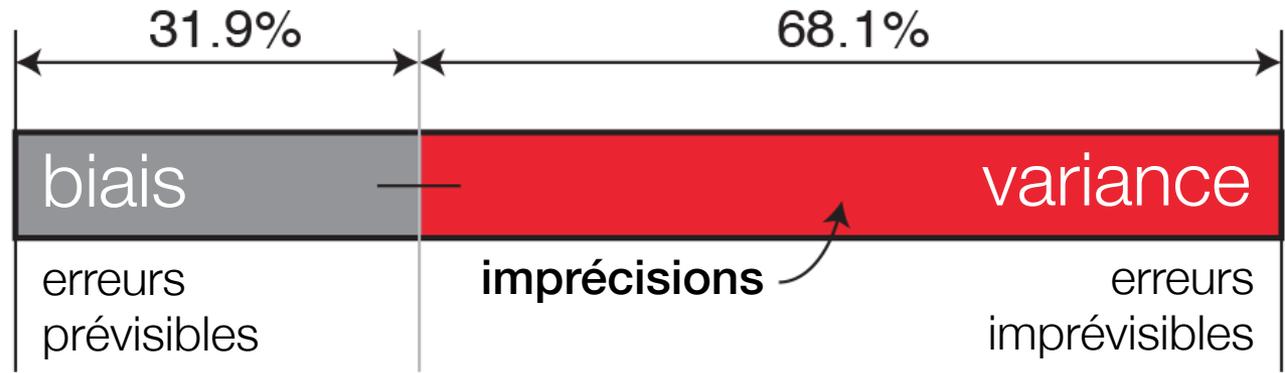
décisions
monétaires



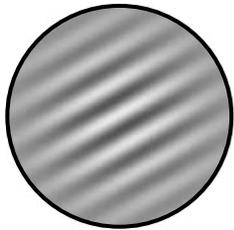
décisions
visuelles



décisions
monétaires



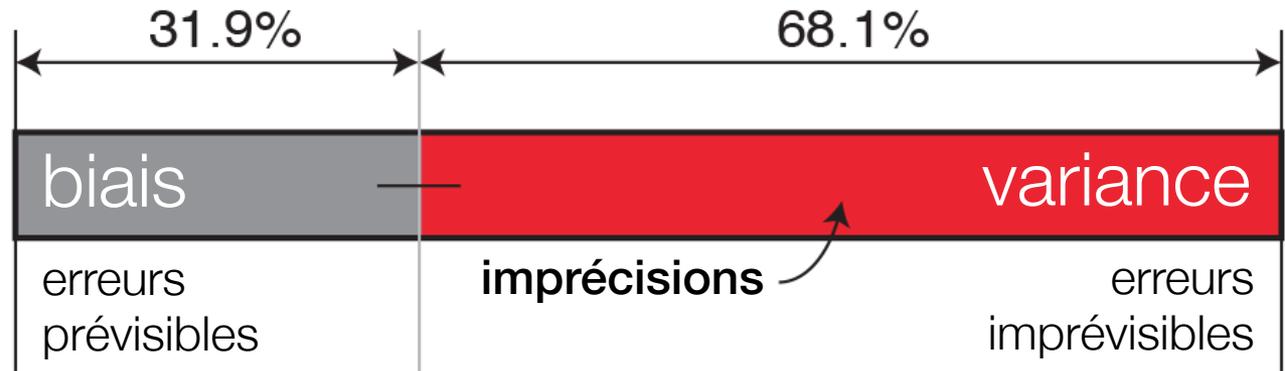
Findling, Skvortsova et al. *Nature Neuro.* (2019)



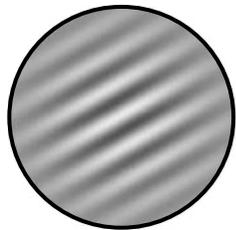
décisions
visuelles



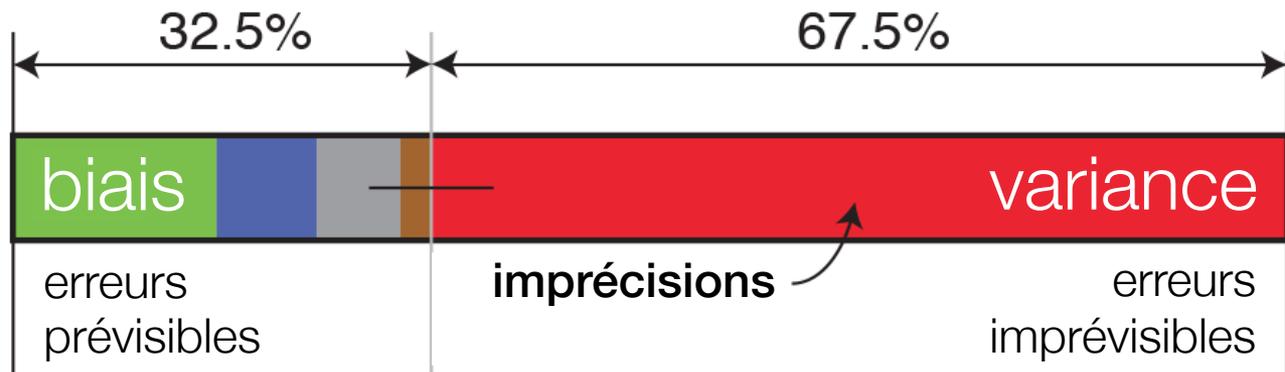
décisions
monétaires



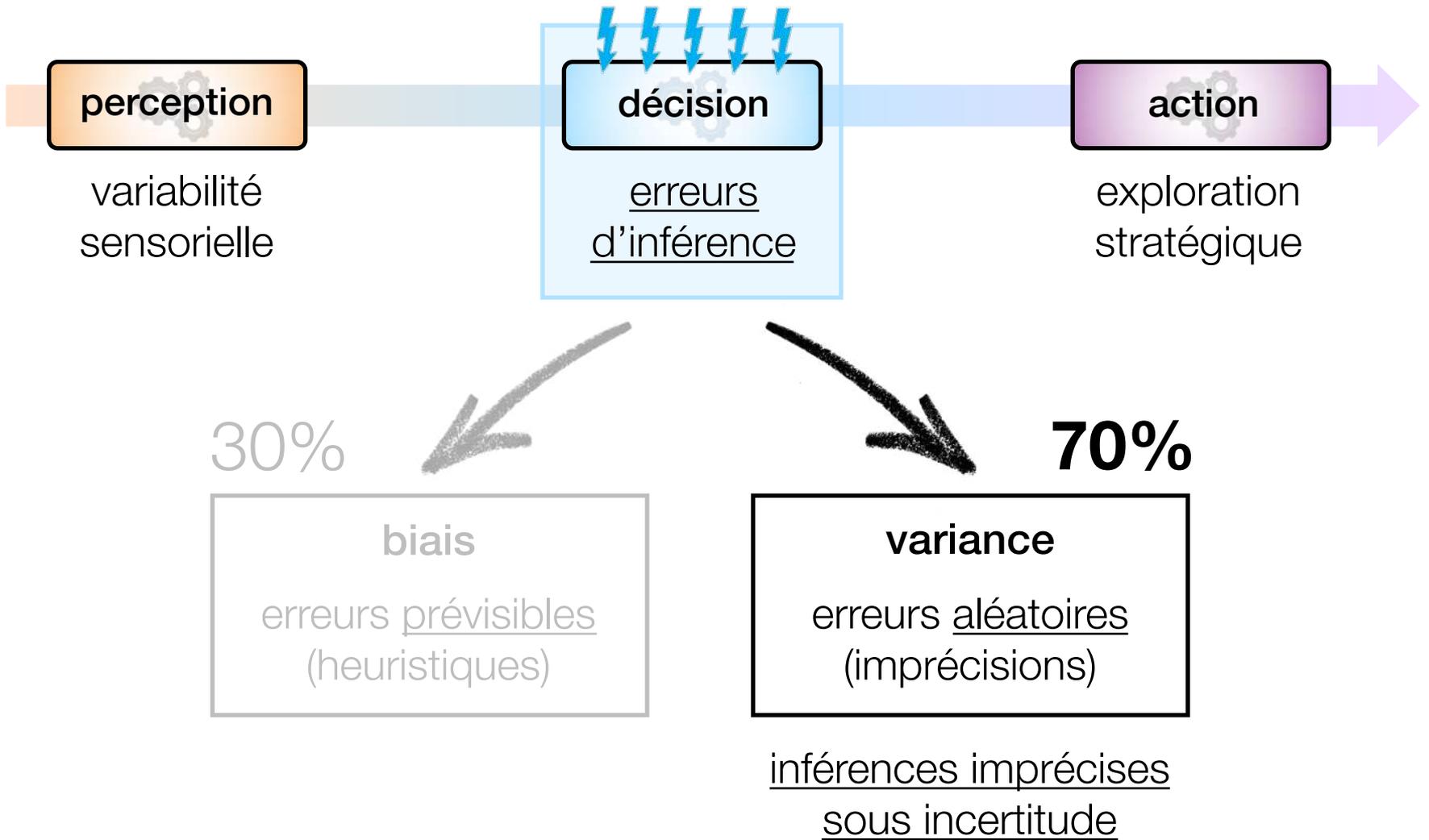
Findling, Skvortsova et al. *Nature Neuro.* (2019)

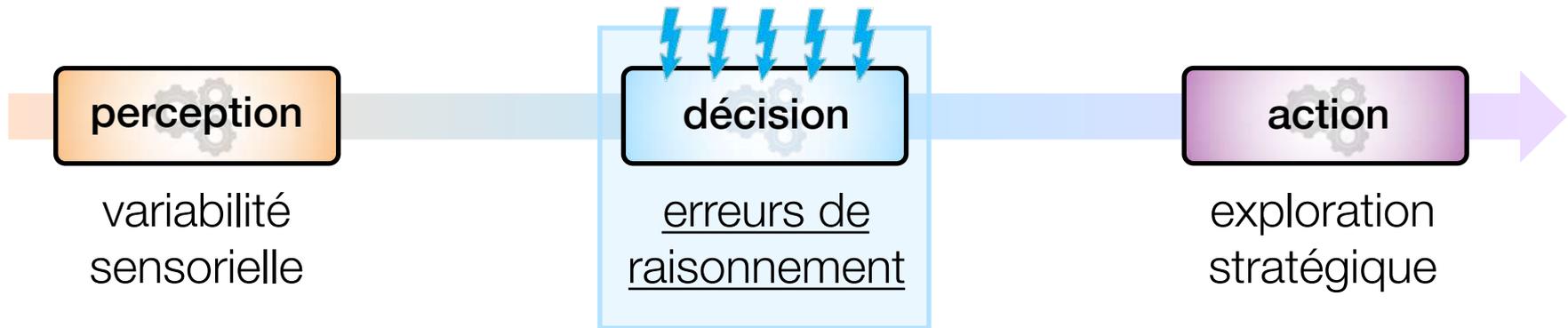


décisions
visuelles



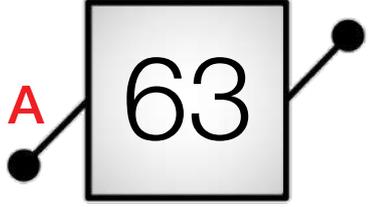
Drugowitsch, Wyart et al. *Neuron* (2016)

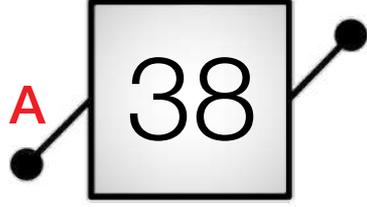
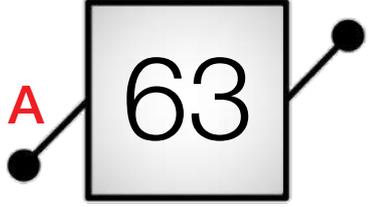


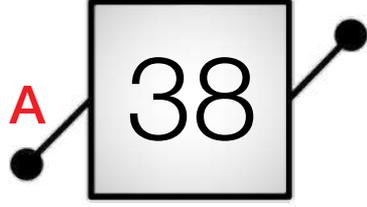
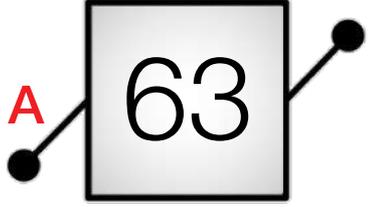


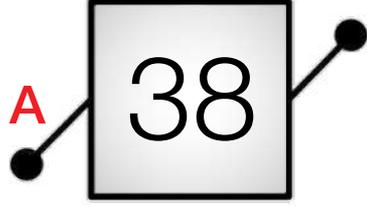
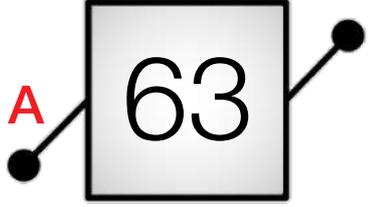
Le cerveau humain raisonne de façon imprécise sous incertitude et produit des décisions variables et imprévisibles.

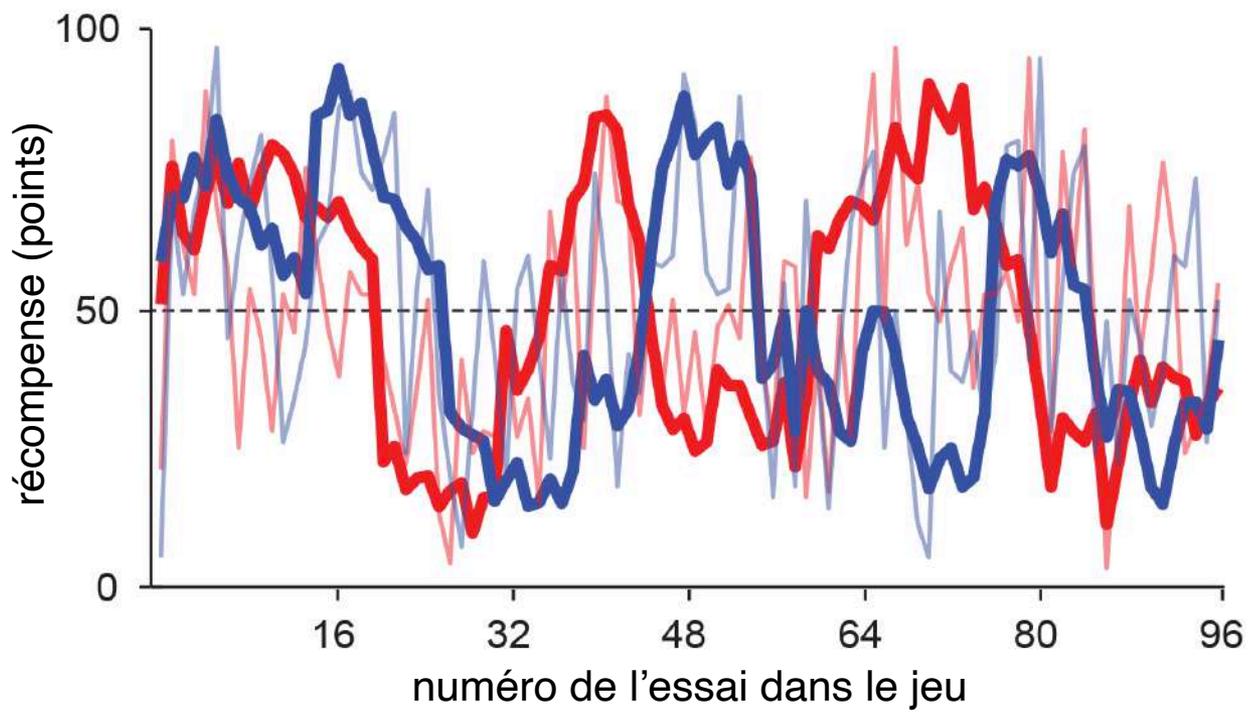
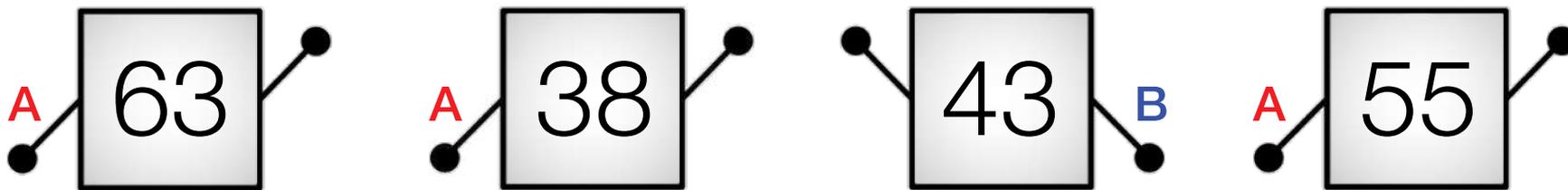


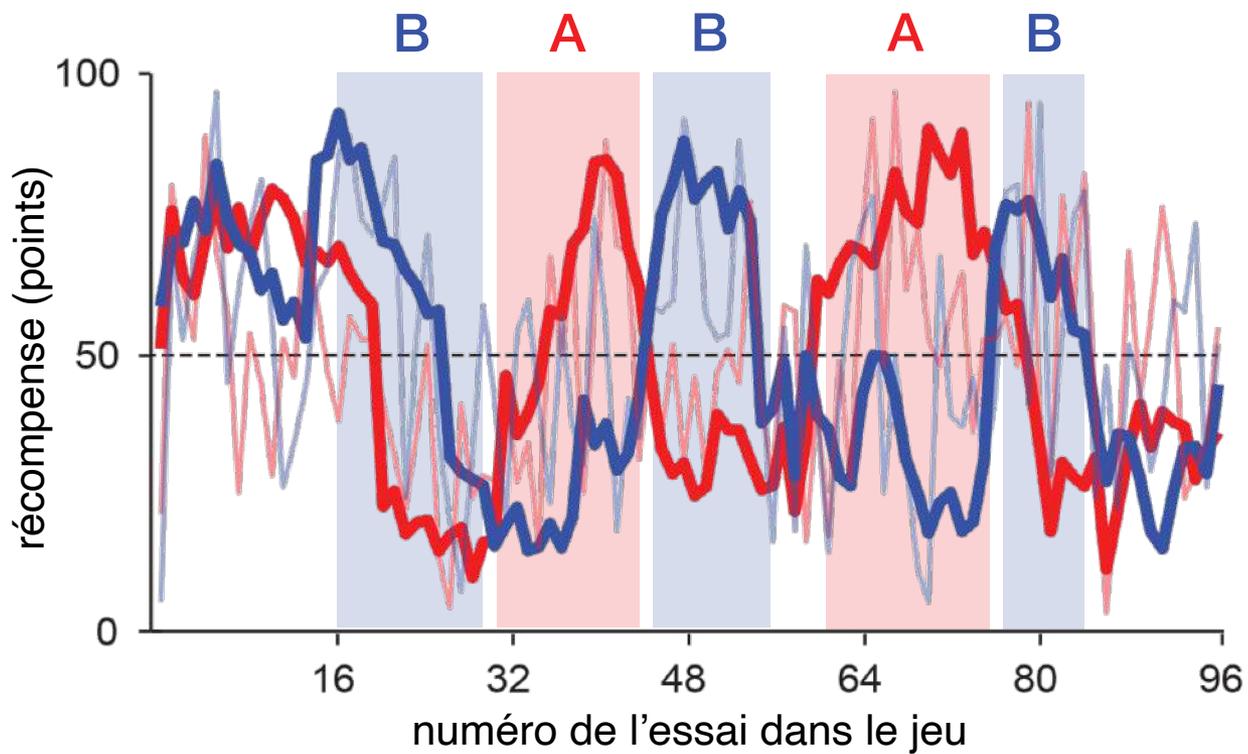
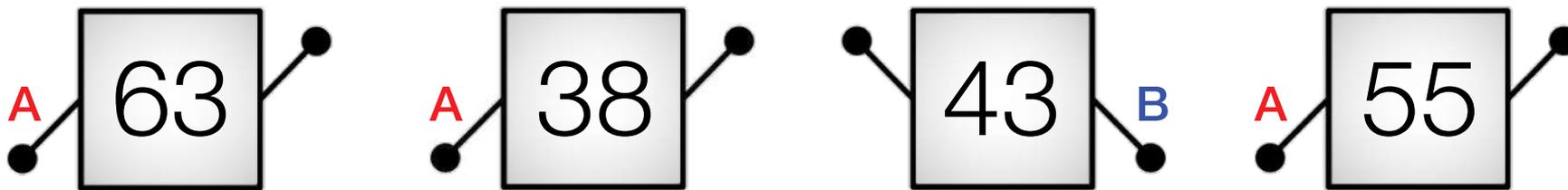














SIEMENS

MAGNETOM Verio
A Tim System

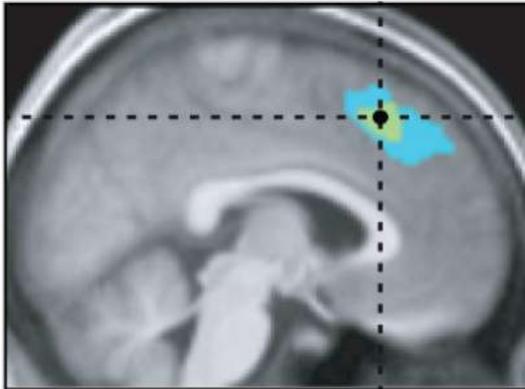
Charles Findling
Geneva University



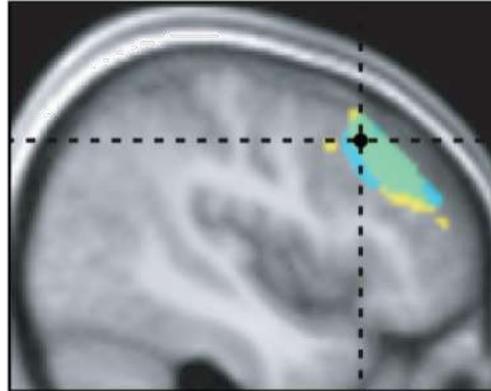
Vasilisa Skvortsova
dataiku, London



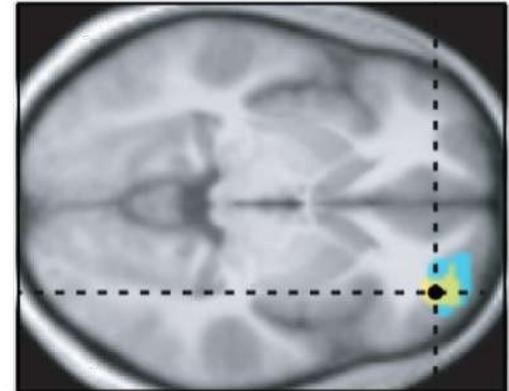
cortex cingulaire
antérieur



cortex préfrontal
dorso-latéral

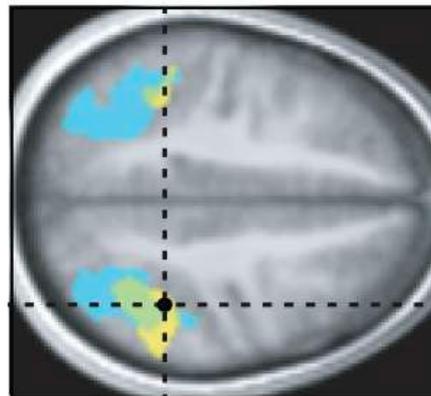


cortex orbitofrontal
latéral

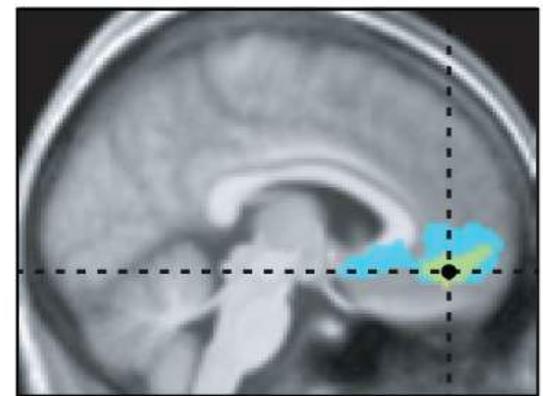


- prise de décision
- erreurs d'inférence

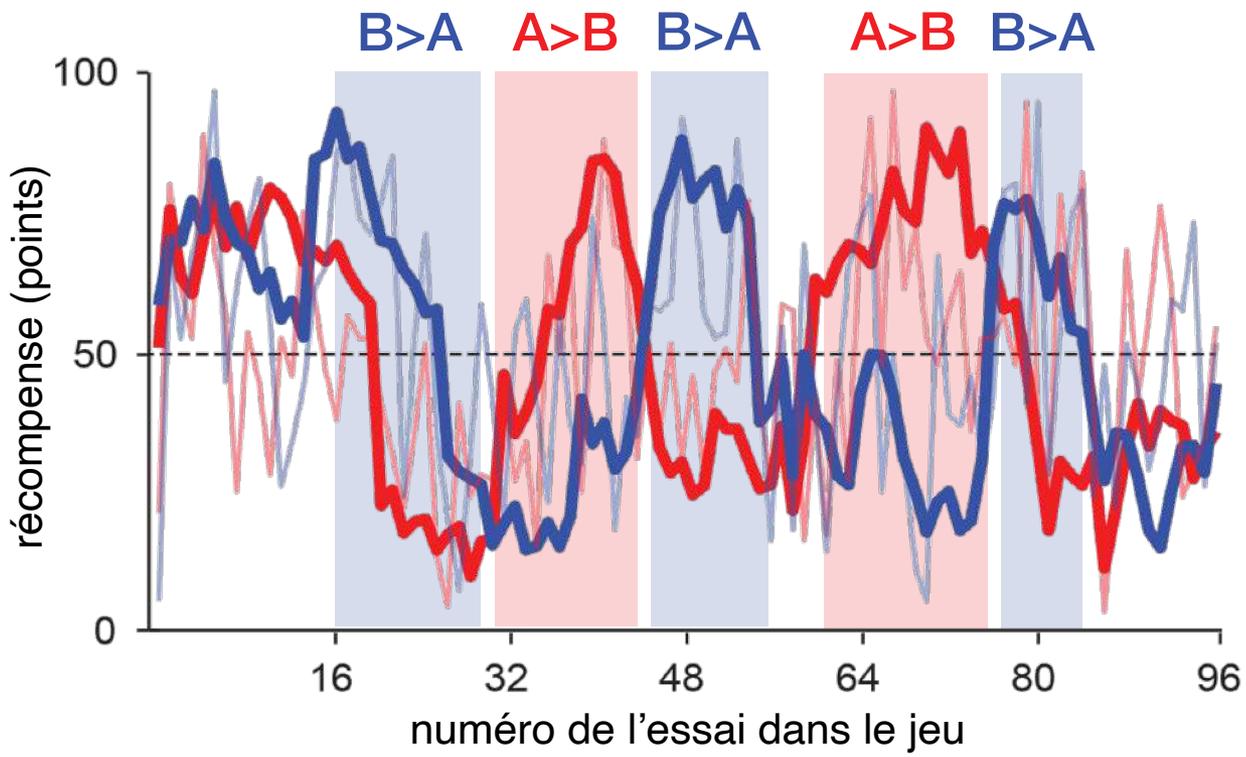
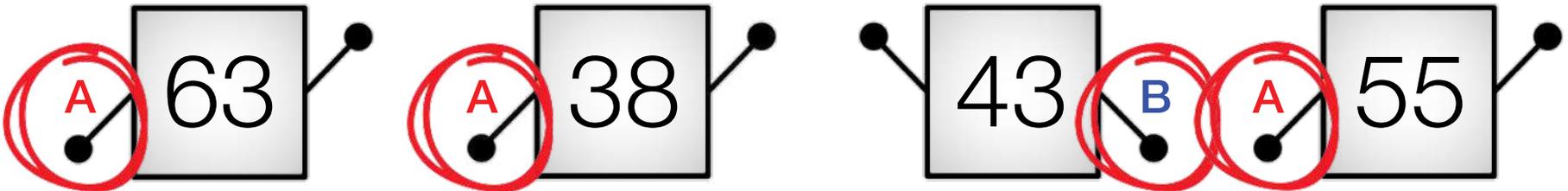
cortex pariétal
postérieur

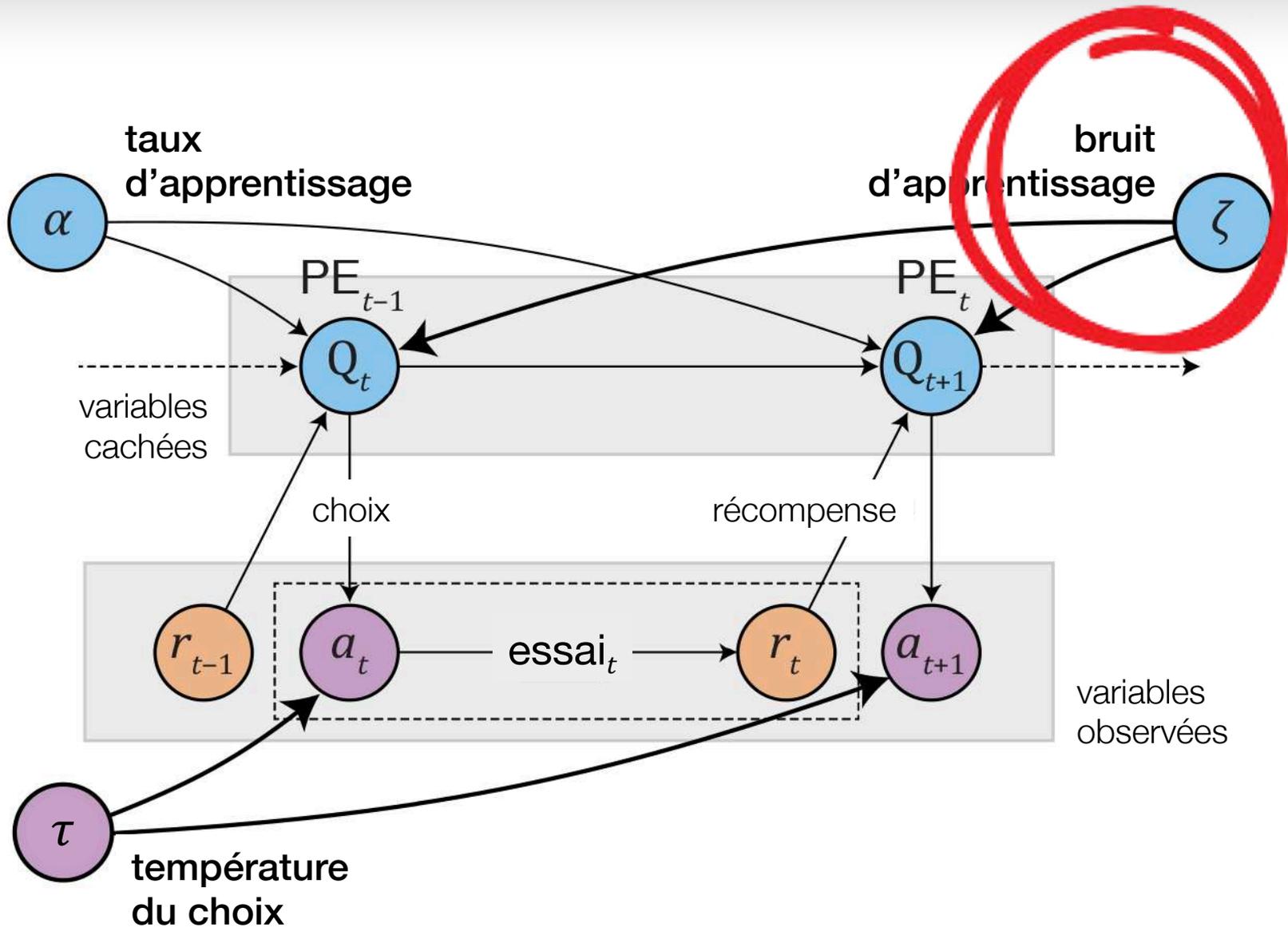


cortex préfrontal
ventro-médian

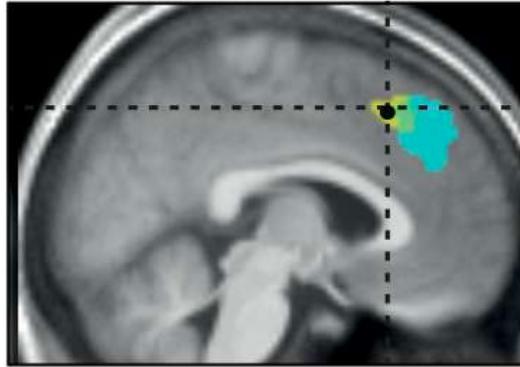


Findling, Skvortsova et al.
Nature Neuro. (2019)



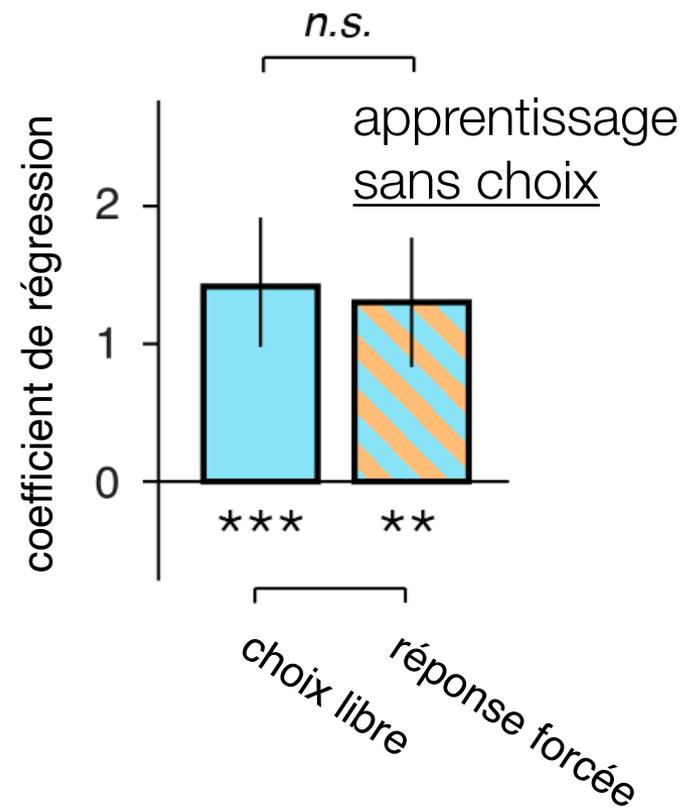


cortex cingulaire
antérieur



- prise de décision
- erreurs d'inférence

erreurs
d'inférence



Findling, Skvortsova et al.
Nature Neuro. (2019)

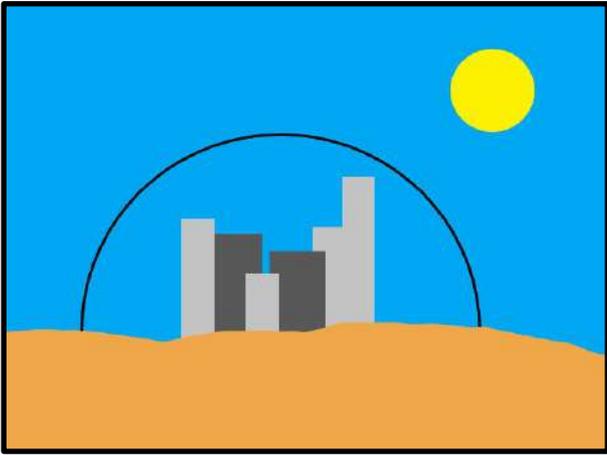
Pourquoi le cerveau raisonne-t-il de façon imprécise sous incertitude ?

Pourquoi le cerveau raisonne-t-il de façon imprécise sous incertitude ?

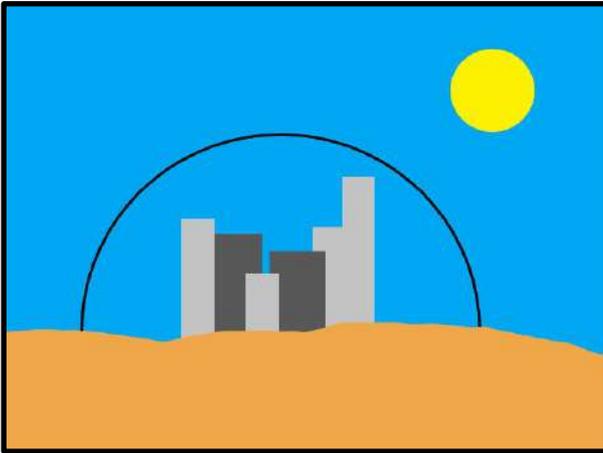
1. des imprécisions **difficiles à supprimer**
contrainte pour le cerveau

Pourquoi le cerveau raisonne-t-il de façon imprécise sous incertitude ?

1. des imprécisions **difficiles à supprimer**
contrainte pour le cerveau
2. **bénéfices cachés** de ces imprécisions
avantage pour le cerveau

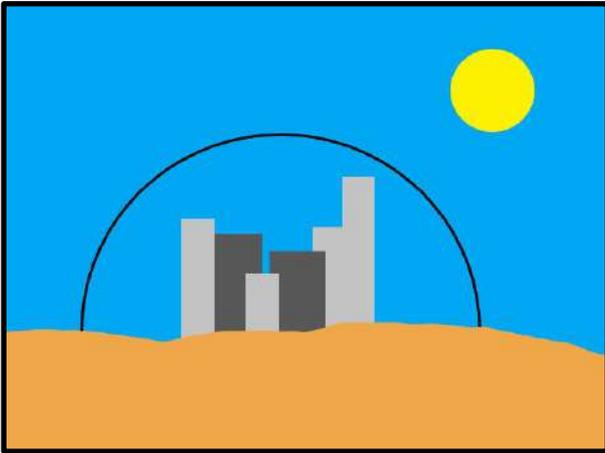


croquis moyennement inspiré

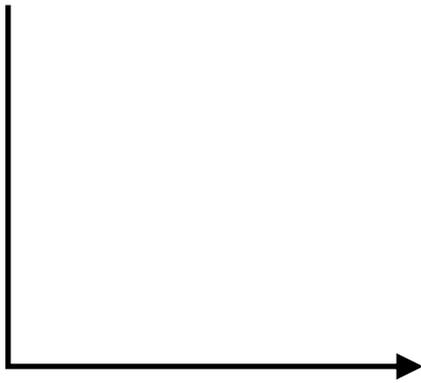


croquis moyennement inspiré

une ville dans un futur lointain, pleine
de gratte-ciels dans un dôme de verre
transparent, au milieu d'un désert de
dunes de sable [...]



croquis moyennement inspiré

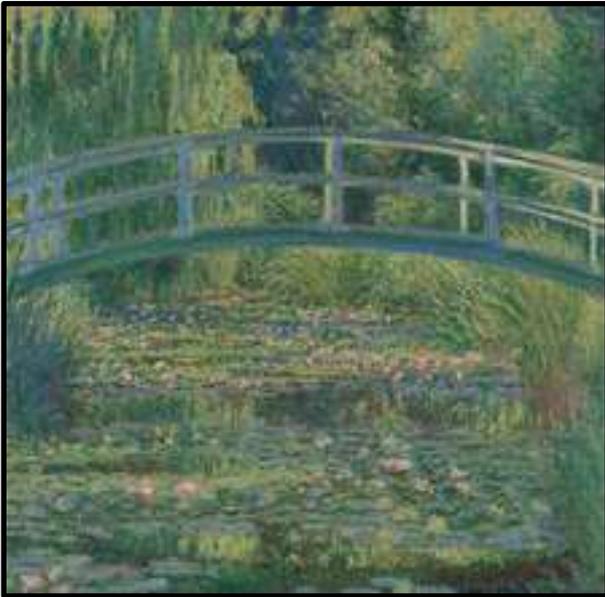


une ville dans un futur lointain, pleine de gratte-ciels dans un dôme de verre transparent, au milieu d'un désert de dunes de sable [...]



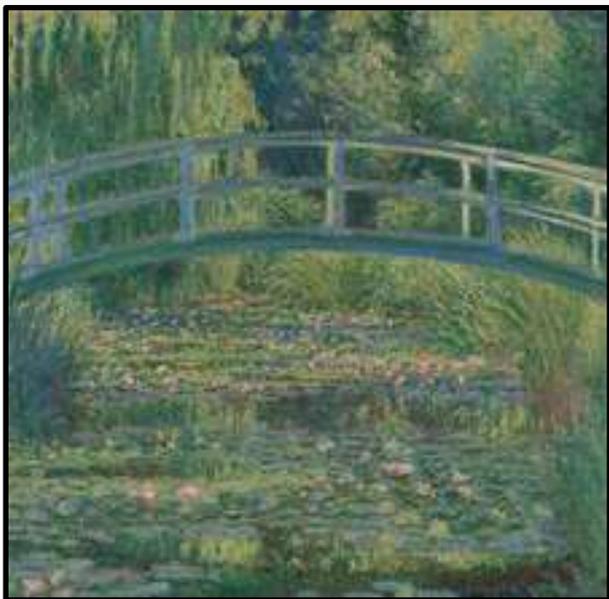


Le bassin aux nymphéas
Claude Monet (1899)



Le bassin aux nymphéas
Claude Monet (1899)

- + photographie 35 mm
- peinture impressionniste



Le bassin aux nymphéas
Claude Monet (1899)

+ photographie 35 mm
– peinture impressionniste



image
d'origine



perturbation

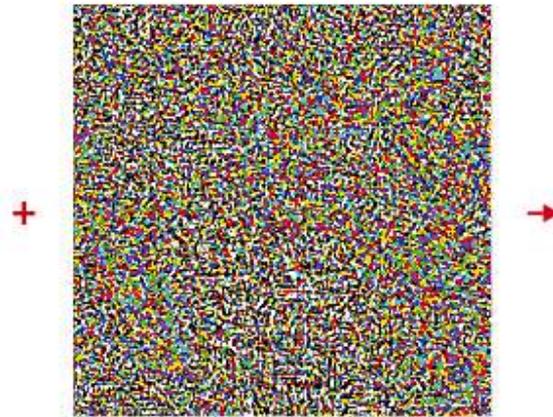


image
test



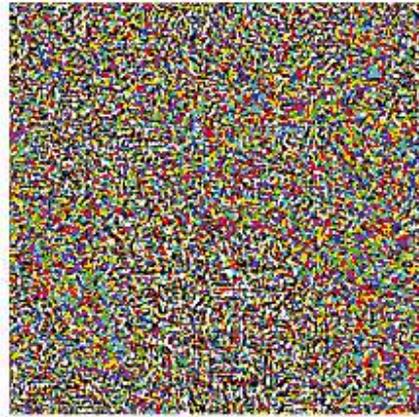
image
d'origine

Panda



perturbation

+

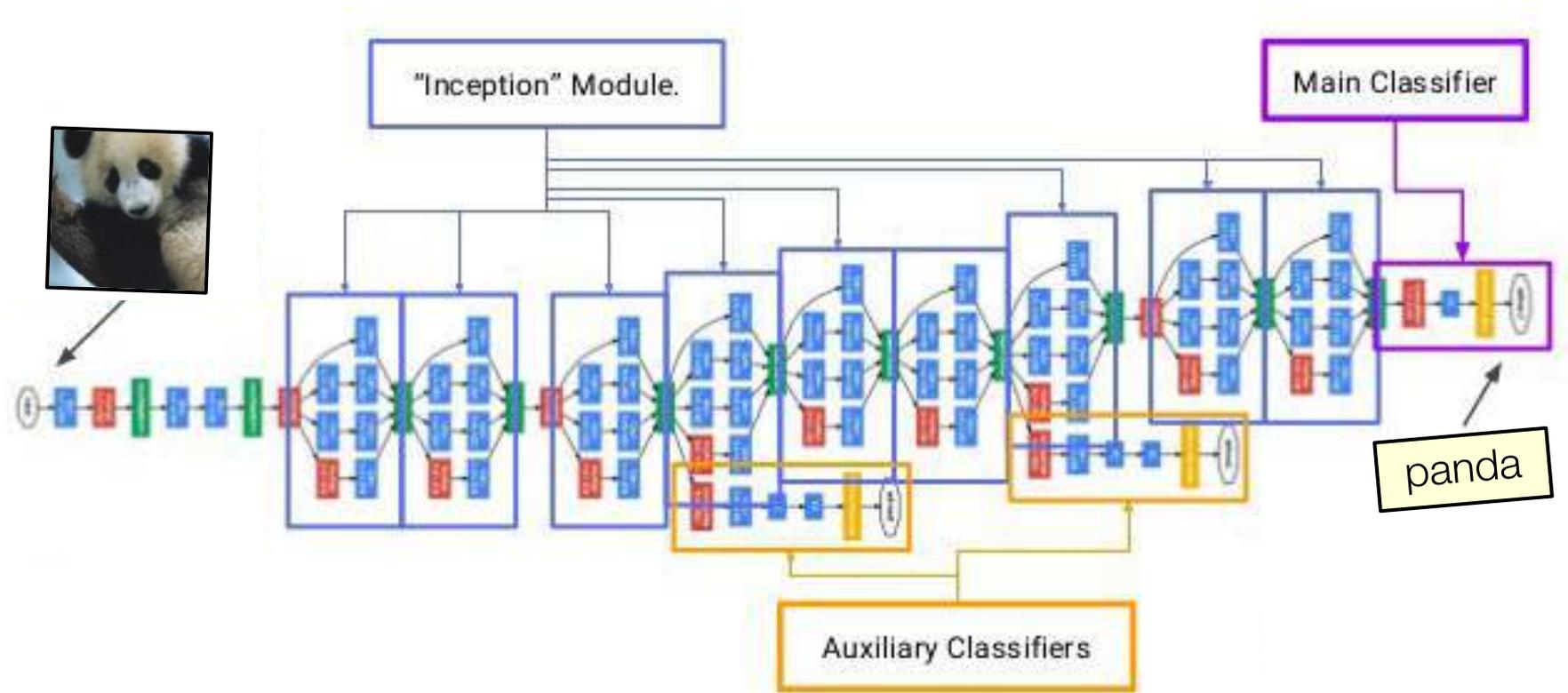


→

image
test

Gibbon





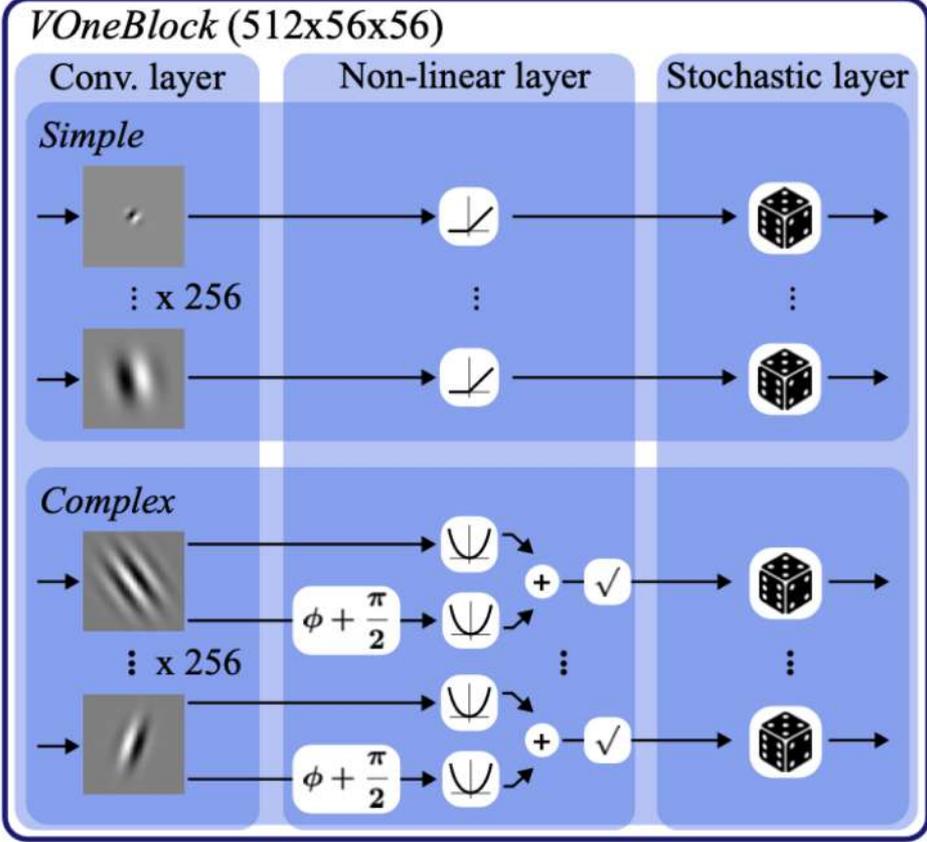
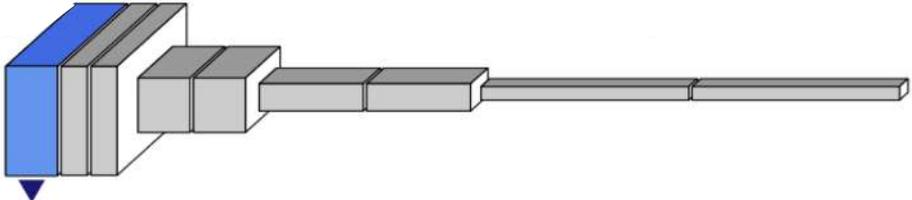
réseau de neurones artificiels construit
pour être robuste à ces erreurs

panda



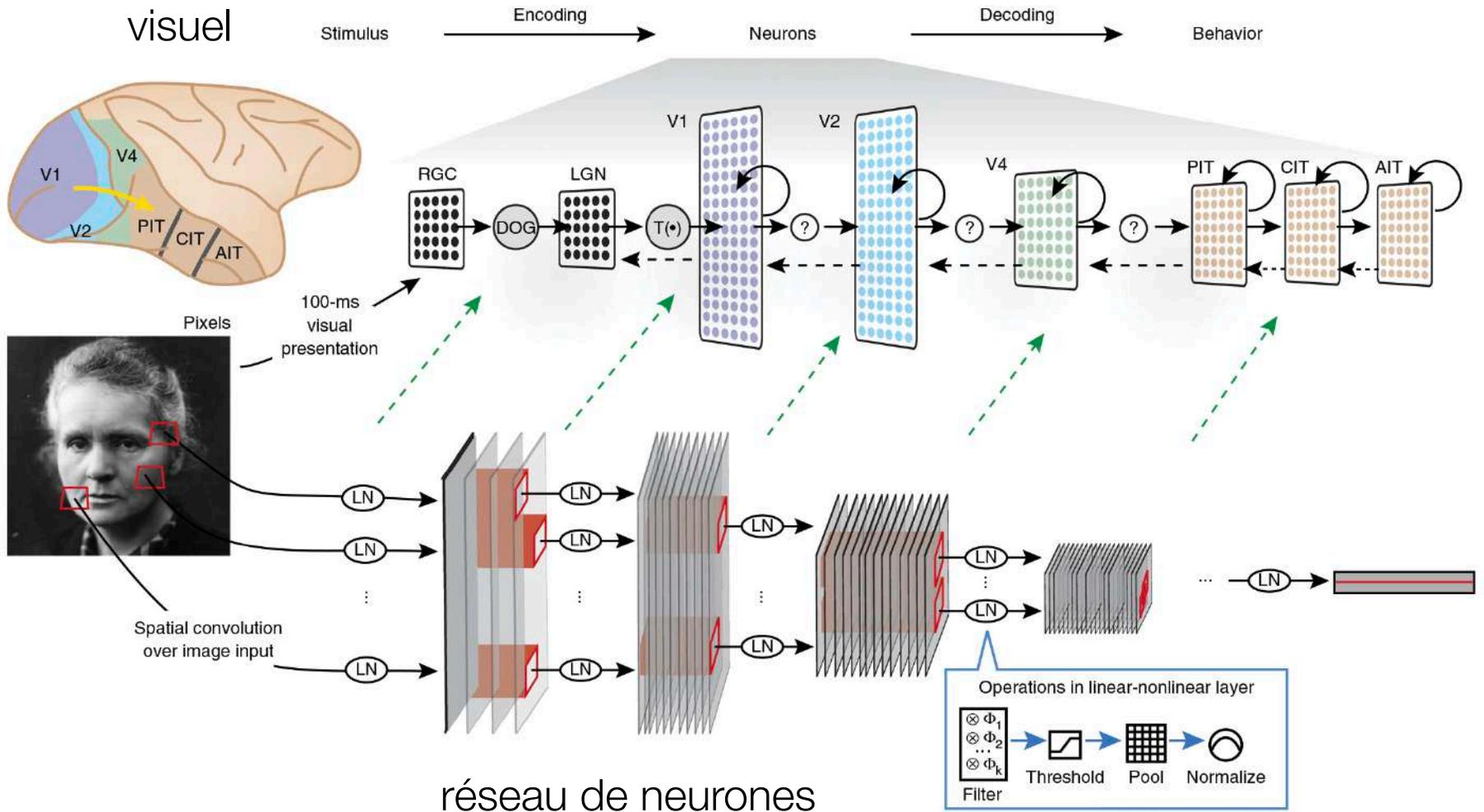
panda

réseau de neurones profond



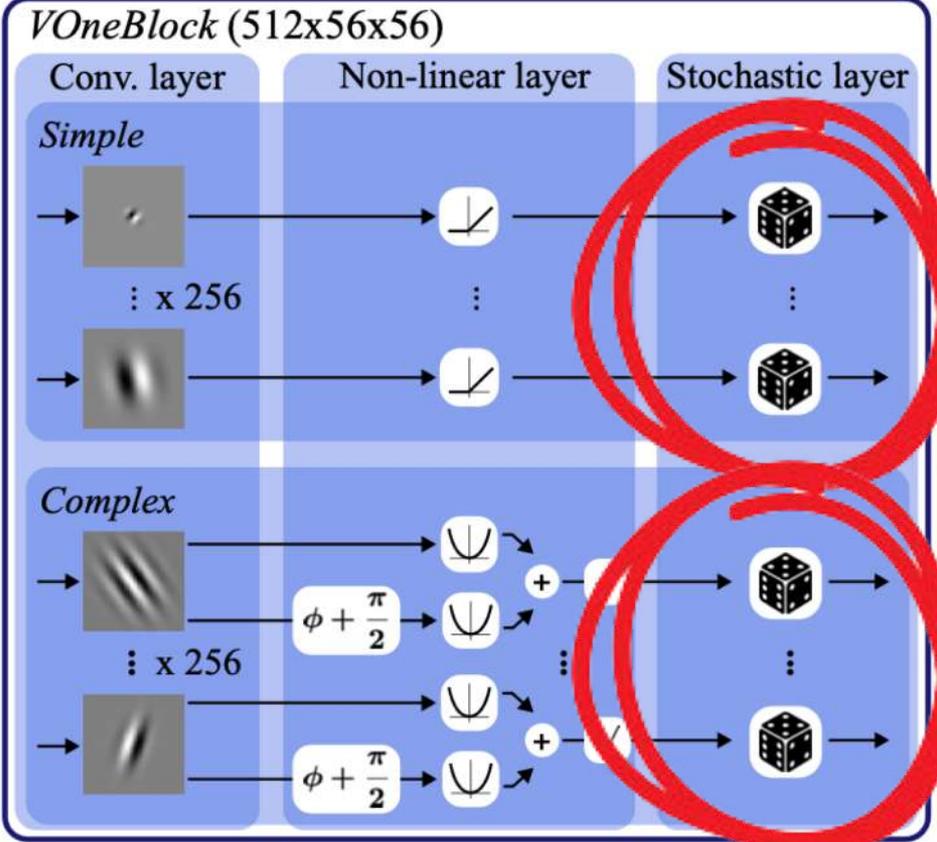
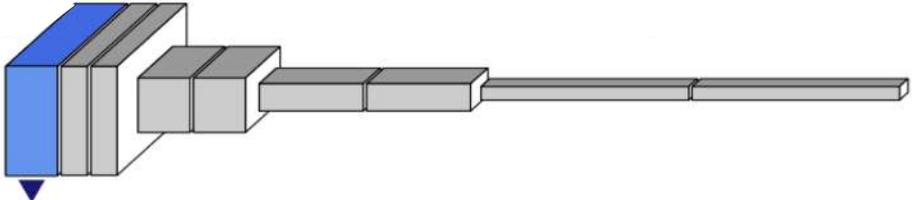
Dapello, Marques et al. (2020) *NeurIPS*

cortex visuel

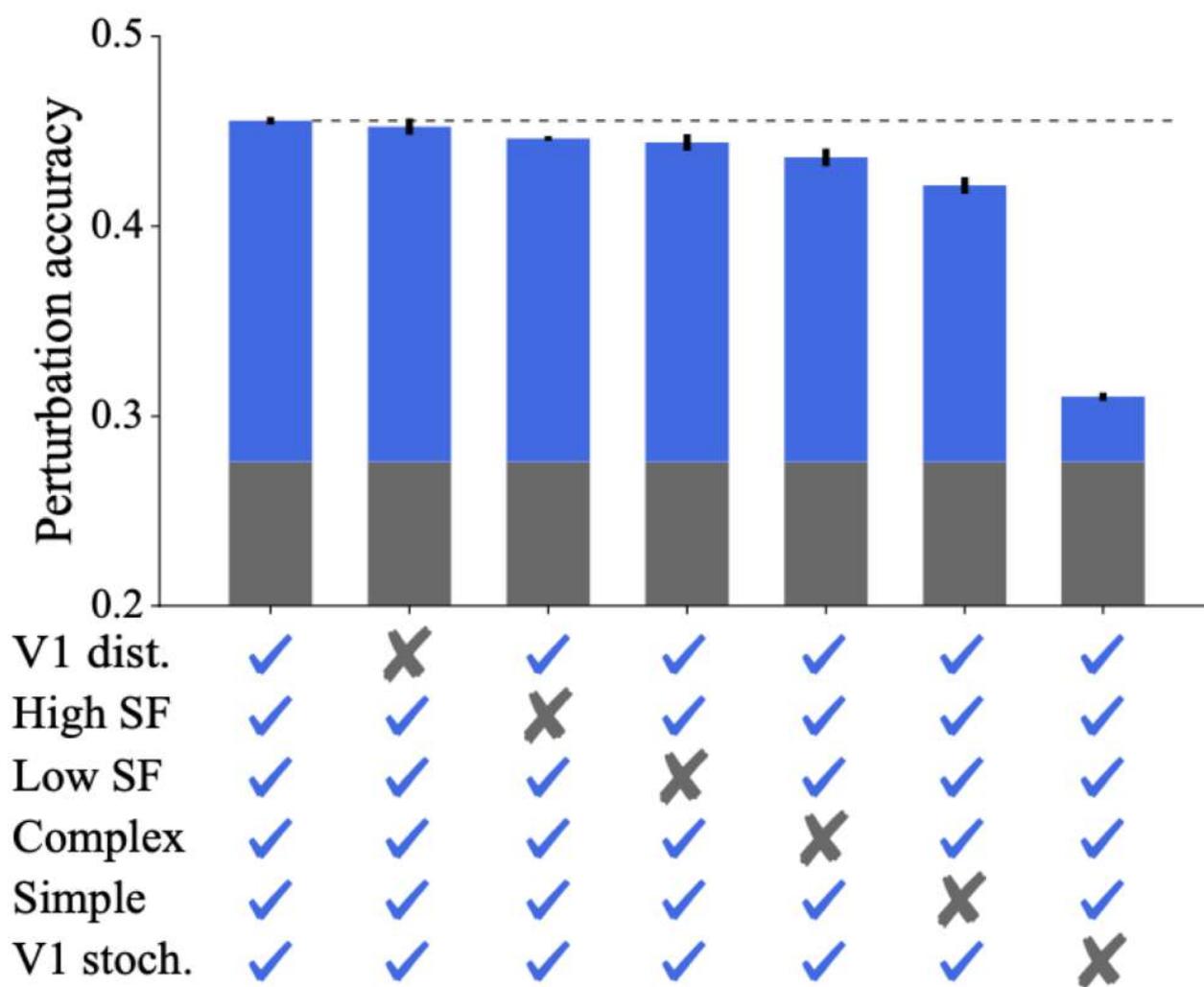


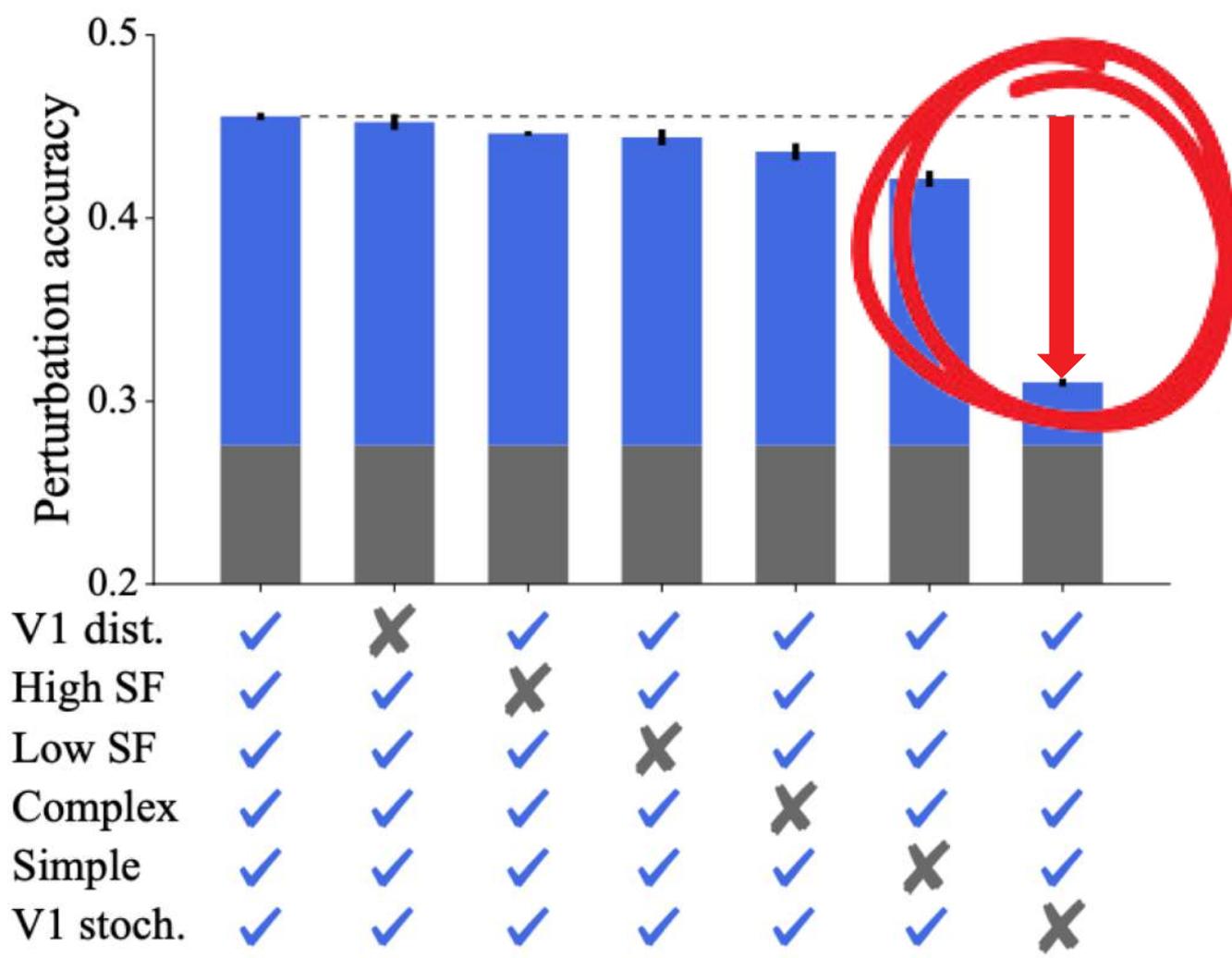
réseau de neurones convolutionnel profond

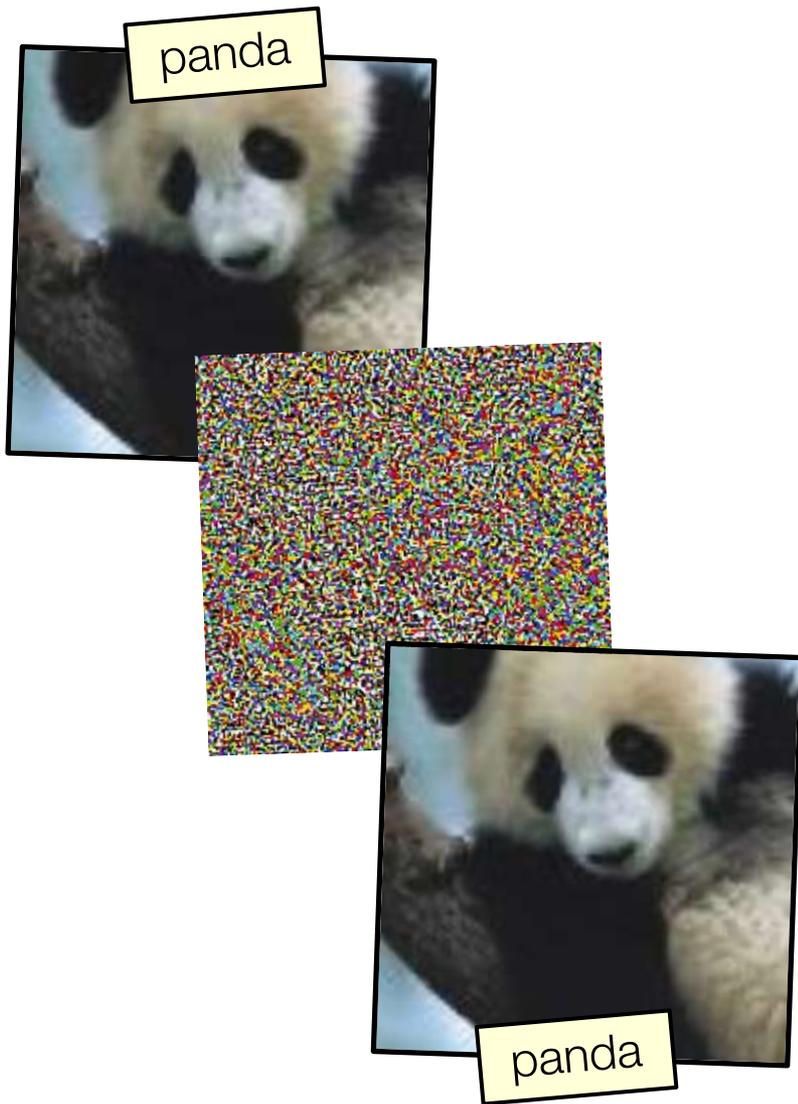
réseau de neurones profond



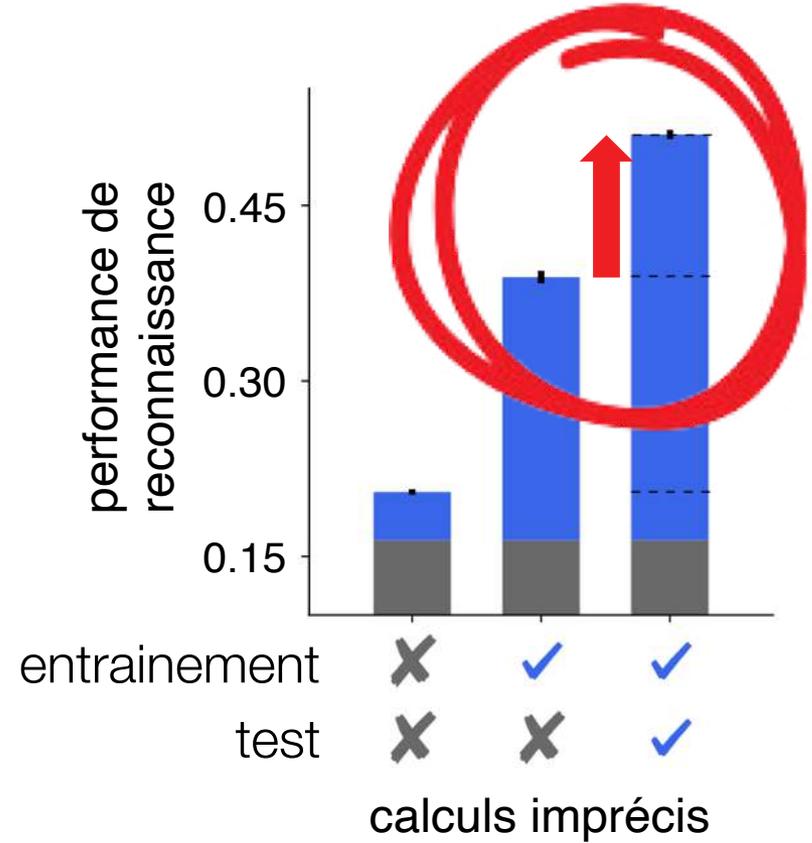
Dapello, Marques et al. (2020) *NeurIPS*

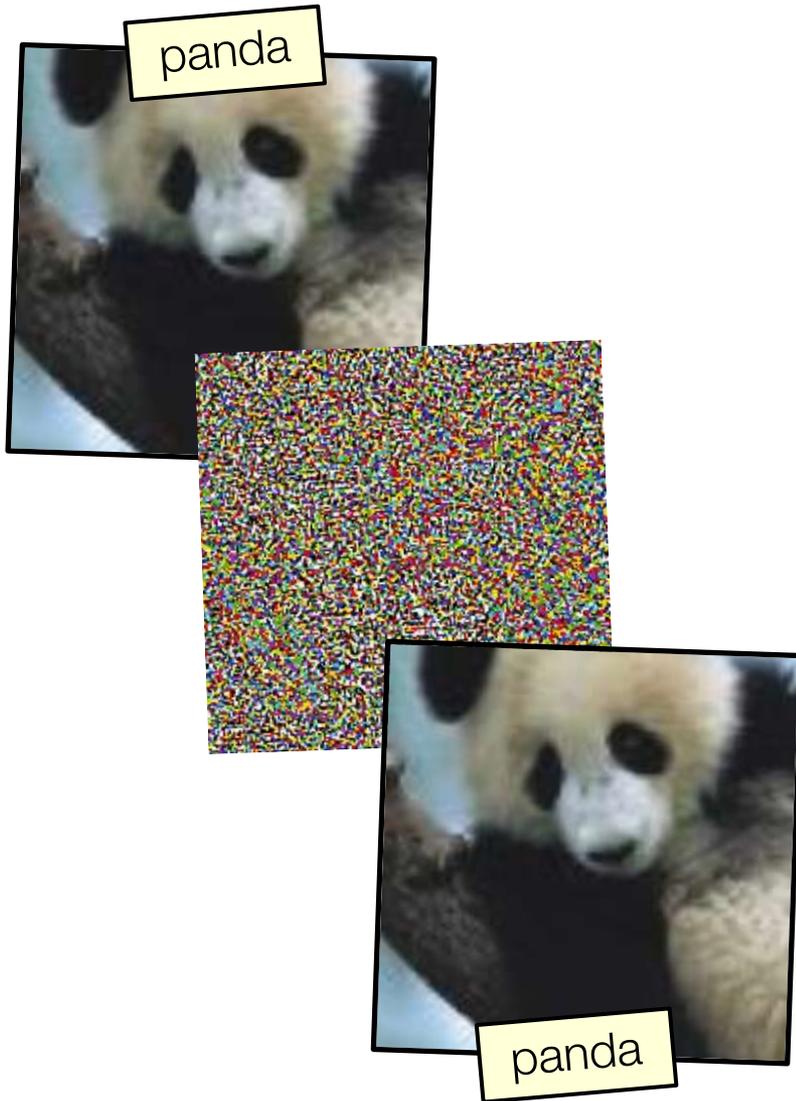




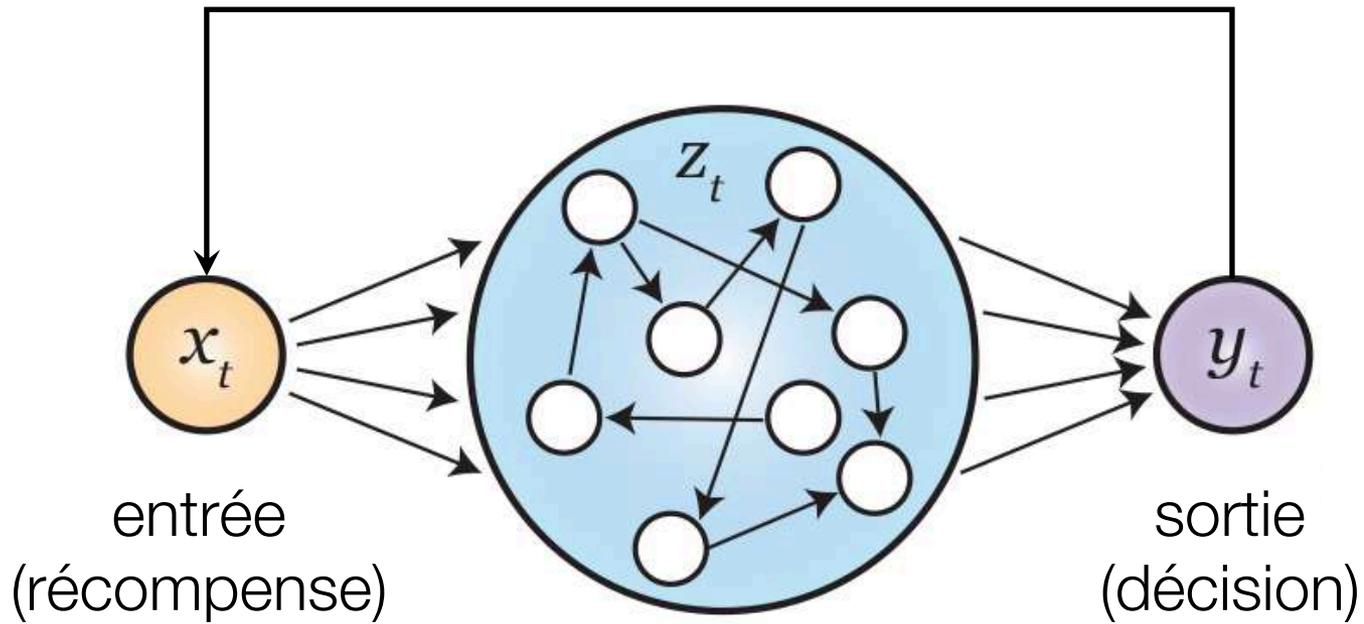


Dapello, Marques et al.
NeurIPS (2020)

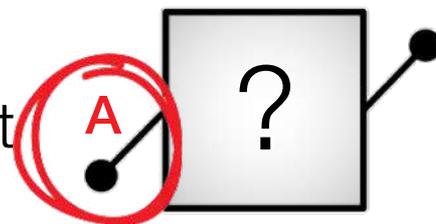




Des calculs imprécis permettent de s'adapter mieux et à faible coût à des situations nouvelles (donc incertaines).

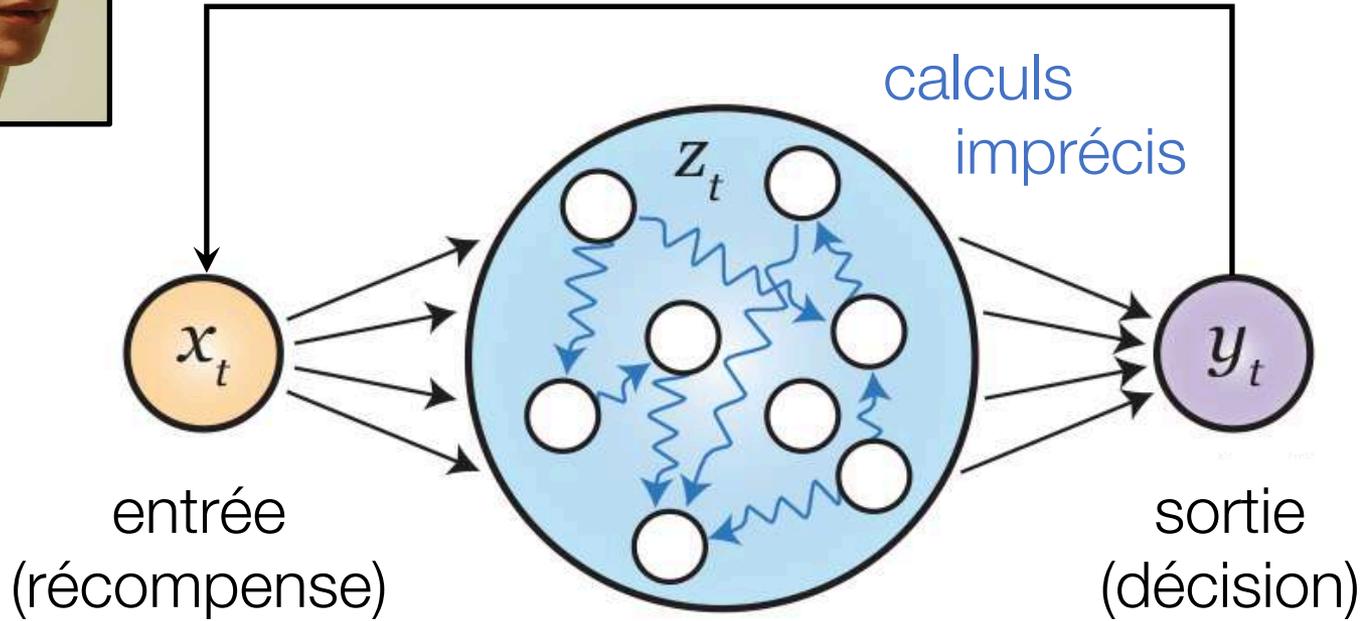


réseau de neurones récurrent

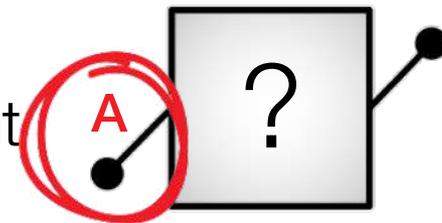


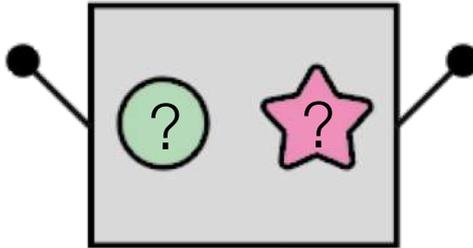


Charles Findling



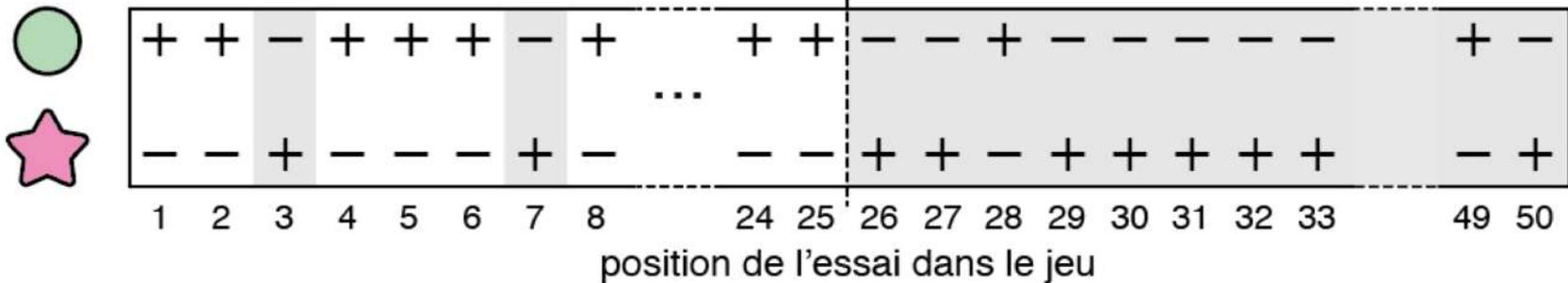
réseau de neurones récurrent



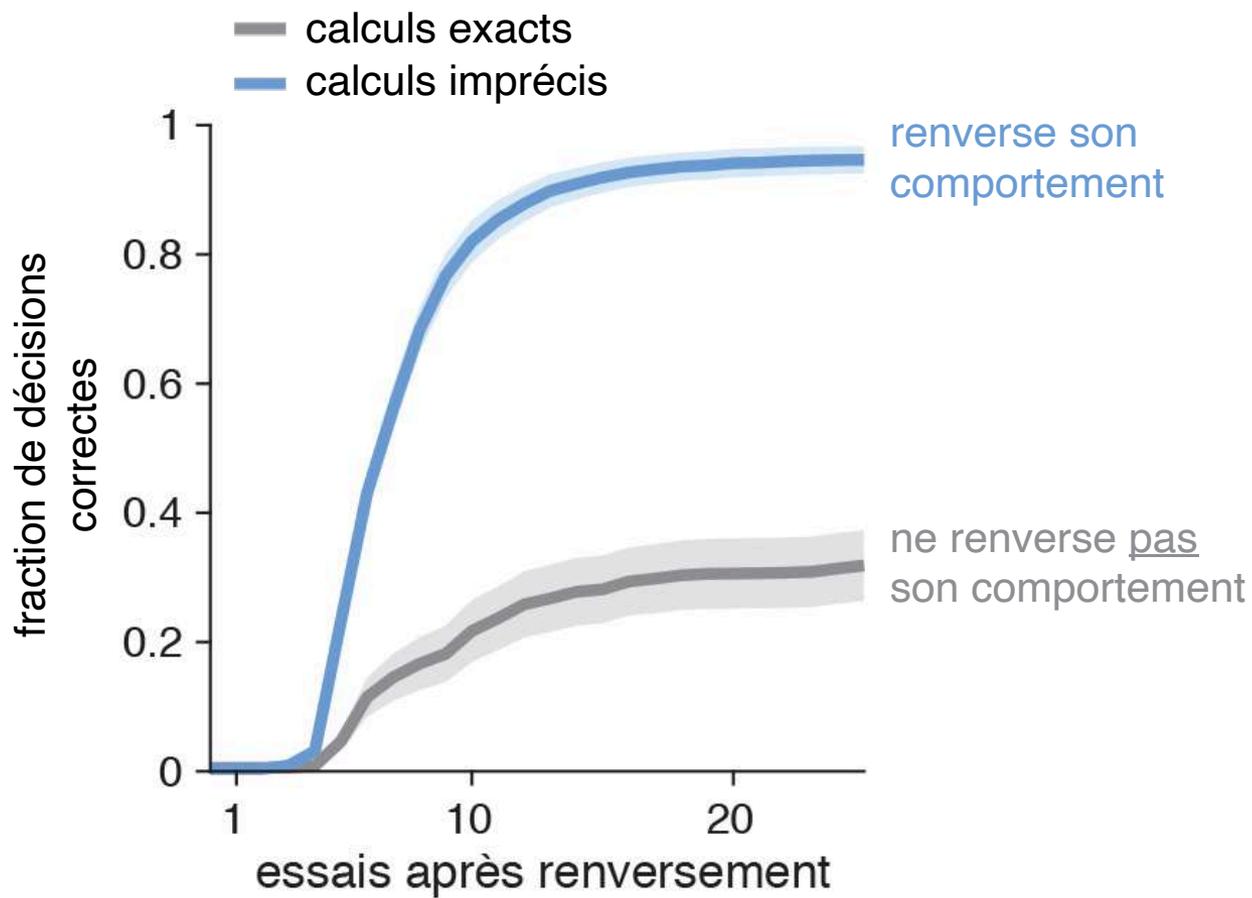


réseau entraîné
sur la 1^{ère} moitié...

...puis testé sur
le jeu en entier



Est-ce que les réseaux imprécis adaptent
leur comportement après le renversement ?



Question :

Pourquoi le cerveau humain raisonne-t-il de façon imprécise sous incertitude ?

Une réponse possible :

Parce qu'un cerveau imprécis est plus résilient à différentes formes d'incertitude.

Faire l'hypothèse d'un cerveau imprécis permet d'expliquer l'utilisation de stratégies irrationnelles en apparence.

Julie Drevet

Aix-Marseille Université



Jan Drugowitsch

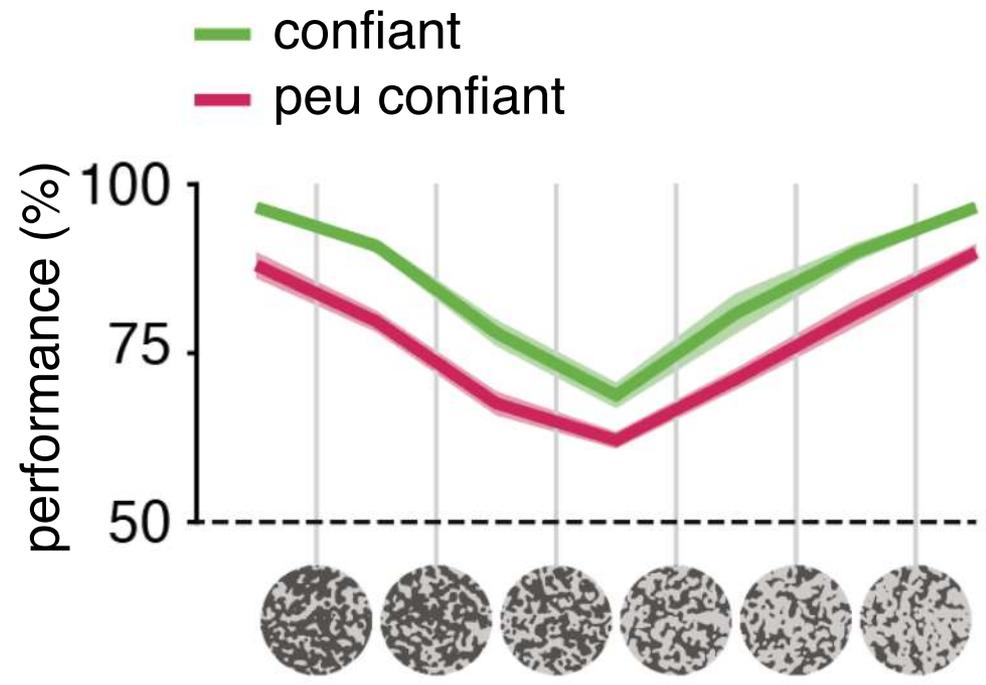
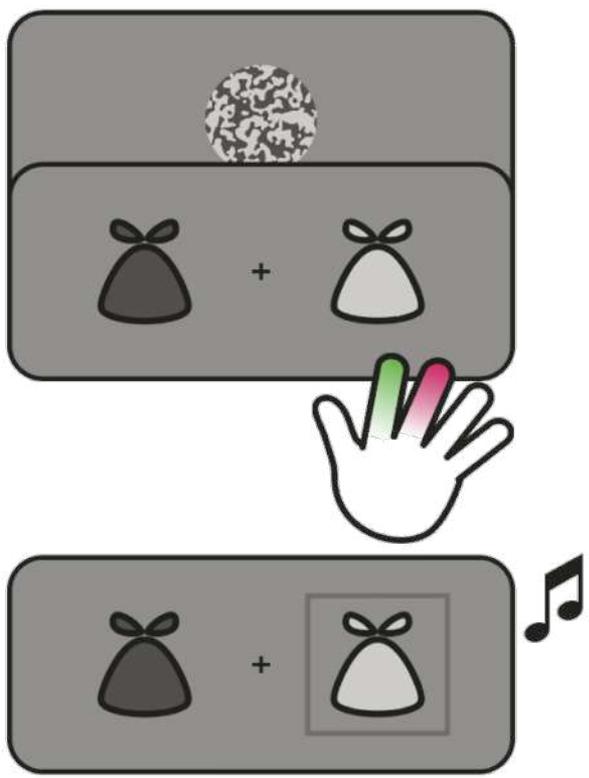
Harvard Medical School



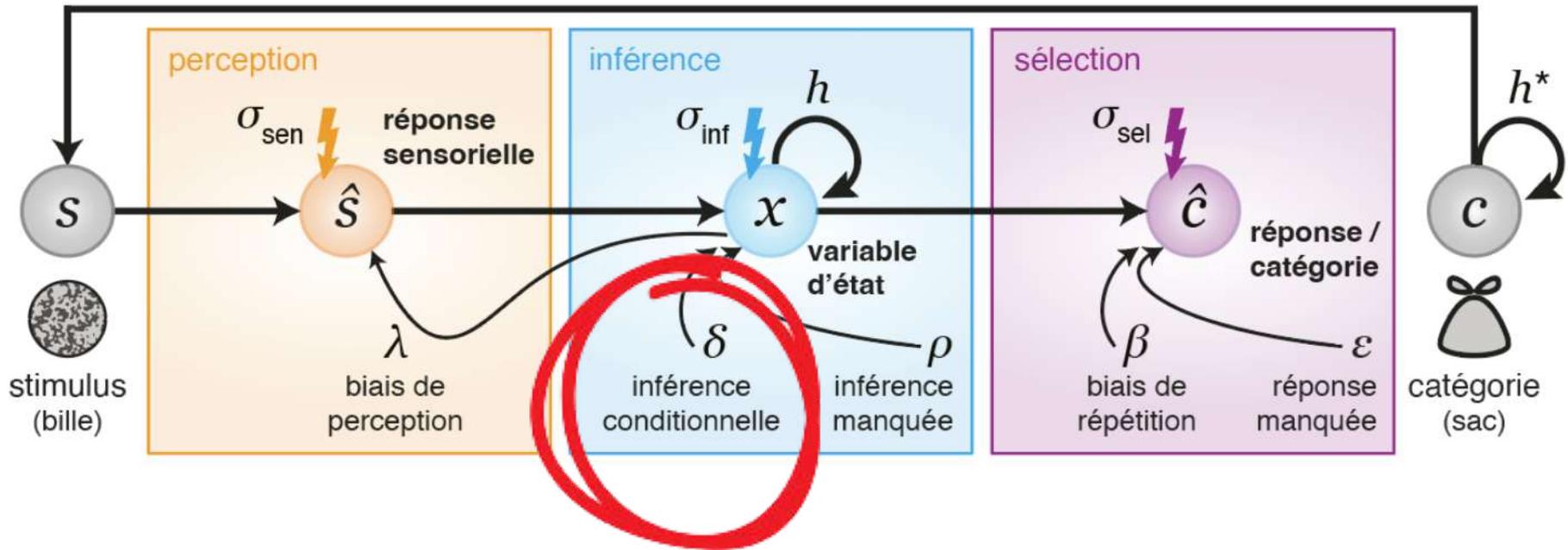
Faire l'hypothèse d'un cerveau imprécis permet d'expliquer l'utilisation de stratégies irrationnelles en apparence.



Faire l'hypothèse d'un cerveau imprécis permet d'expliquer l'utilisation de stratégies irrationnelles en apparence.

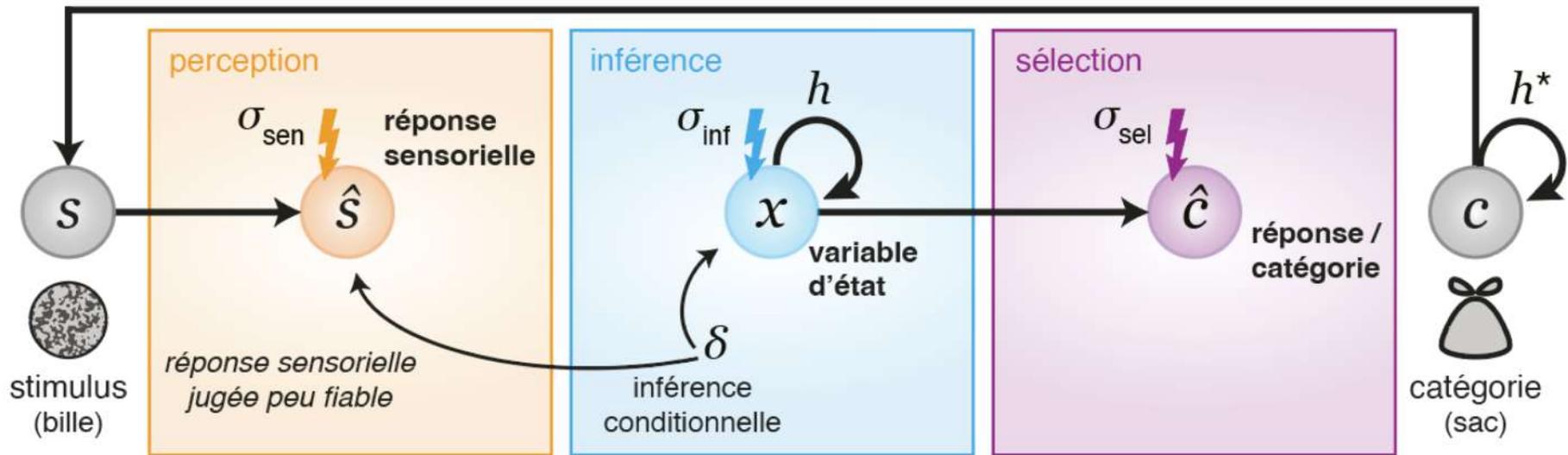


modèle d'inférence catégorielle

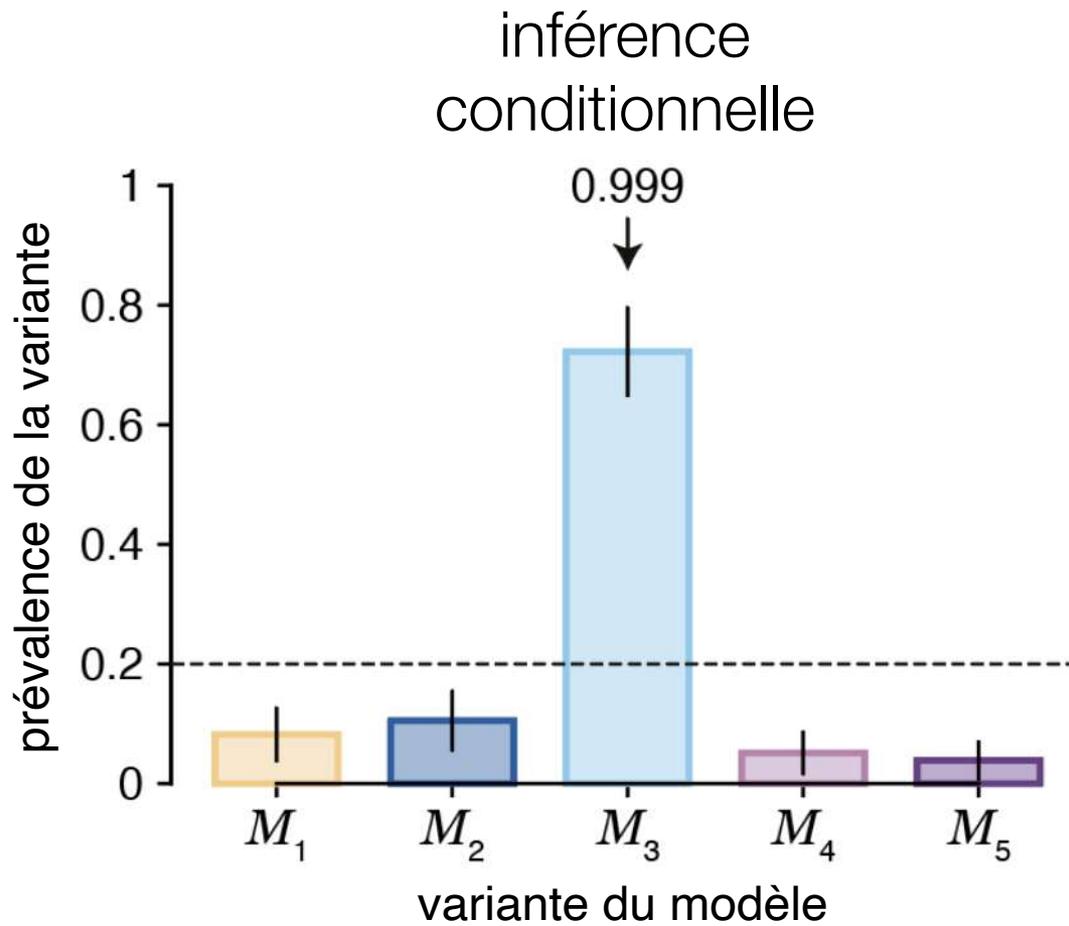


Drevet, Drugowitsch et Wyart
Nature Human Behavior (2022)

modèle d'inférence catégorielle

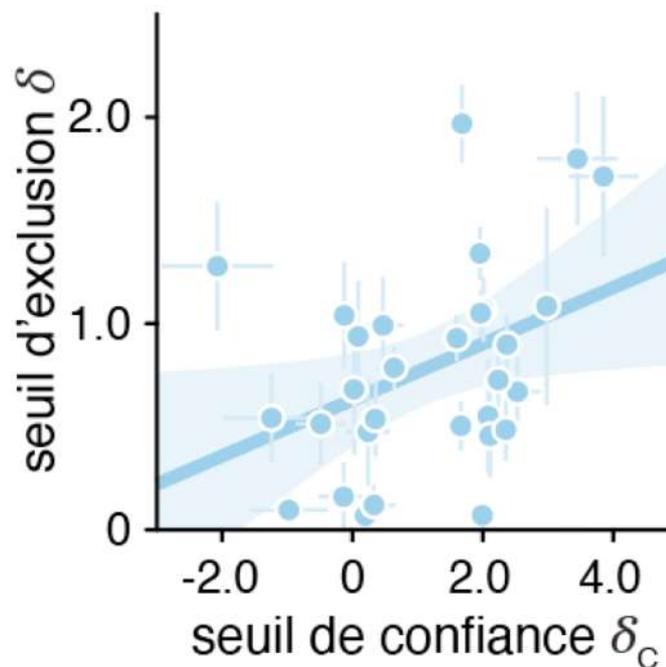
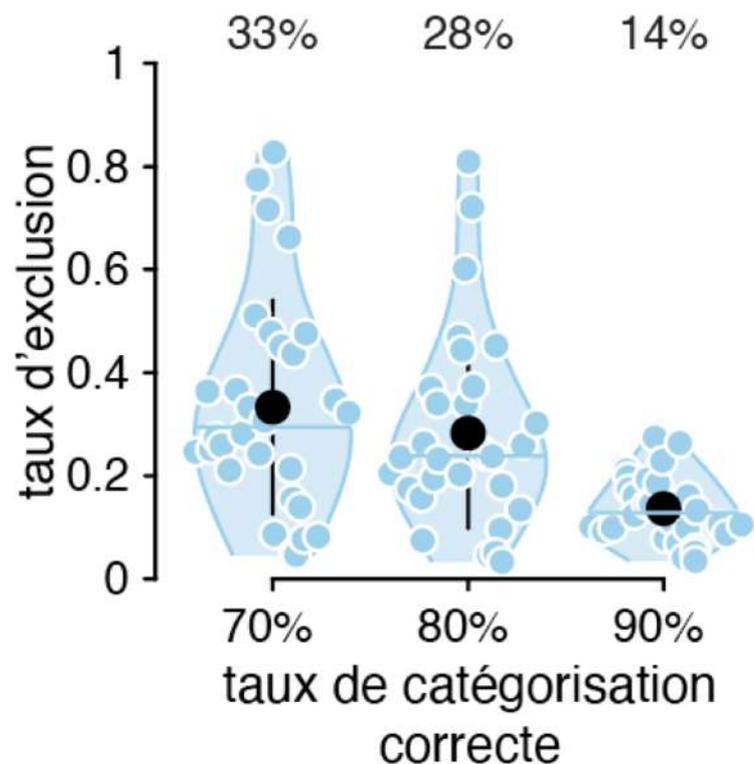


Drevet, Drugowitsch et Wyart
Nature Human Behavior (2022)



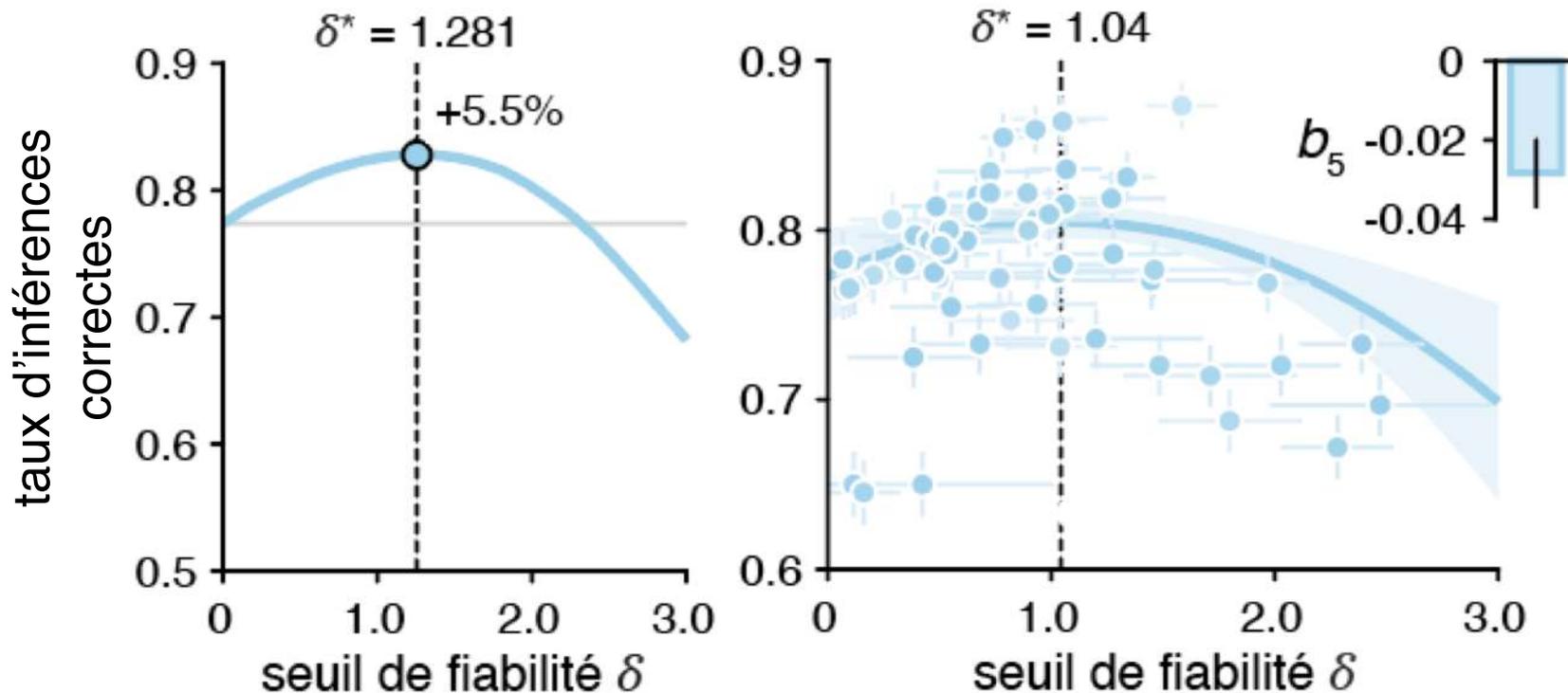
Drevet, Drugowitsch et Wyart
Nature Human Behavior (2022)

Les participants ignorent une grande proportion de billes, d'autant plus qu'ils sont peu confiants.



Drevet, Drugowitsch et Wyart
Nature Human Behavior (2022)

Cette stratégie augmente de façon contre-intuitive le taux d'inférences correctes des participants.



Drevet, Drugowitsch et Wyart
Nature Human Behavior (2022)

Faire l'hypothèse d'un cerveau imprécis permet d'expliquer l'utilisation de stratégies irrationnelles en apparence.

Ignorer les billes jugées comme peu fiables évite des inférences imprécises et incorrectes.

Les rôles respectifs des a priori, du bruit et de la confiance dans l'apprentissage humain

Valentin Wyart

Laboratoire de Neurosciences
Cognitives et Computationnelles

Ecole Normale Supérieure

valentin.wyart@ens.fr

