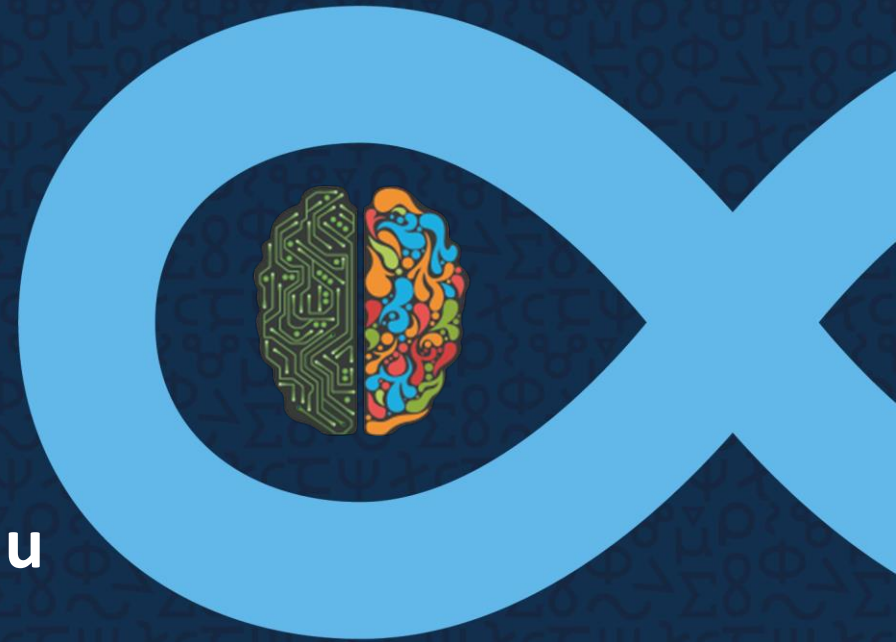


**François VIALATTE**

**Laboratoire Plasticité du Cerveau**

**[FRANCOIS.VIALATTE@ESPCI.FR](mailto:FRANCOIS.VIALATTE@ESPCI.FR)**



**CAN WE BRIDGE THE GAP BETWEEN SUBJECTIVE AND  
OBJECTIVE EVALUATIONS IN NEUROFEEDBACK EXPERIMENTS**



# **SUBJECTIVITY IN NEUROFEEDBACK**

Why and which consequences?



# Subjective variables

## CLASSICAL OBJECTIVE EVALUATIONS

- Is there a behavioural or skill improvement?
- Was the brain rhythm effectively conditioned (within session, and after sessions)?

## WHY DOES SUBJECTIVE EVALUATION MATTER

- To understand better how NFB works
- Subjective variations = uncontrolled experimental variations (experimental noise)

### *4 horsemen of the apocalypse:*

- 1. Personality traits**
- 2. Cognitive load**
- 3. Task engagement**
- 4. Metacognition**

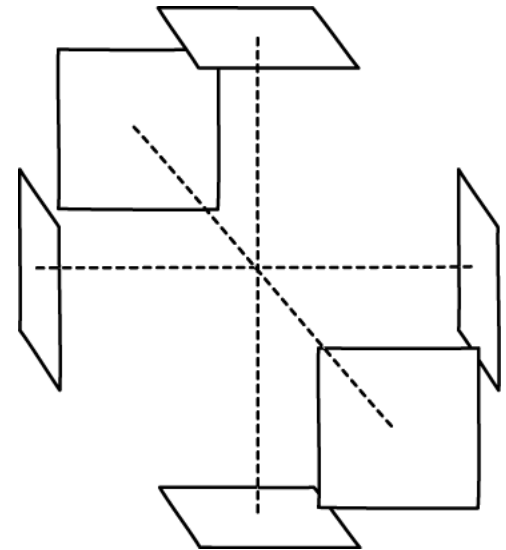
# Personality traits

## PERSONALITY AND FEEDBACK INTEGRATION

Human dimensions of NFB:

- High anxiety = strong bias towards negative feedbacks
- Locus of control towards technology
- Is there a « NFB responder » personality construct?

Personality may differentiate responders from non responders

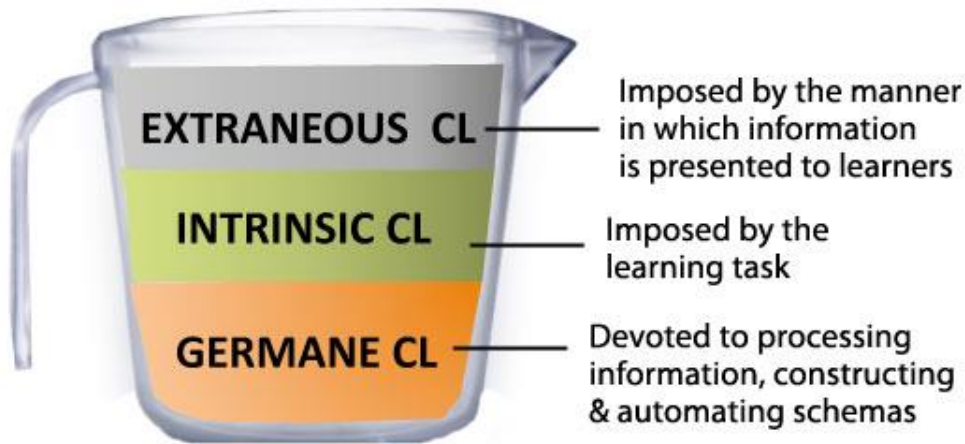




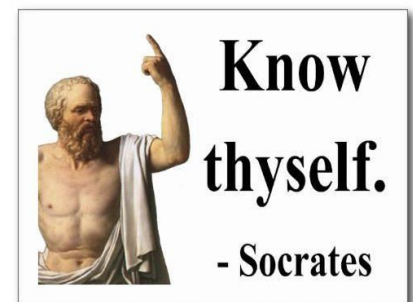
# Cognitive load theory

Learning is more efficient when abstraction is made easy for the learner (germane load)

Extraneous cognitive load = the learner has to perform abstraction → no learning

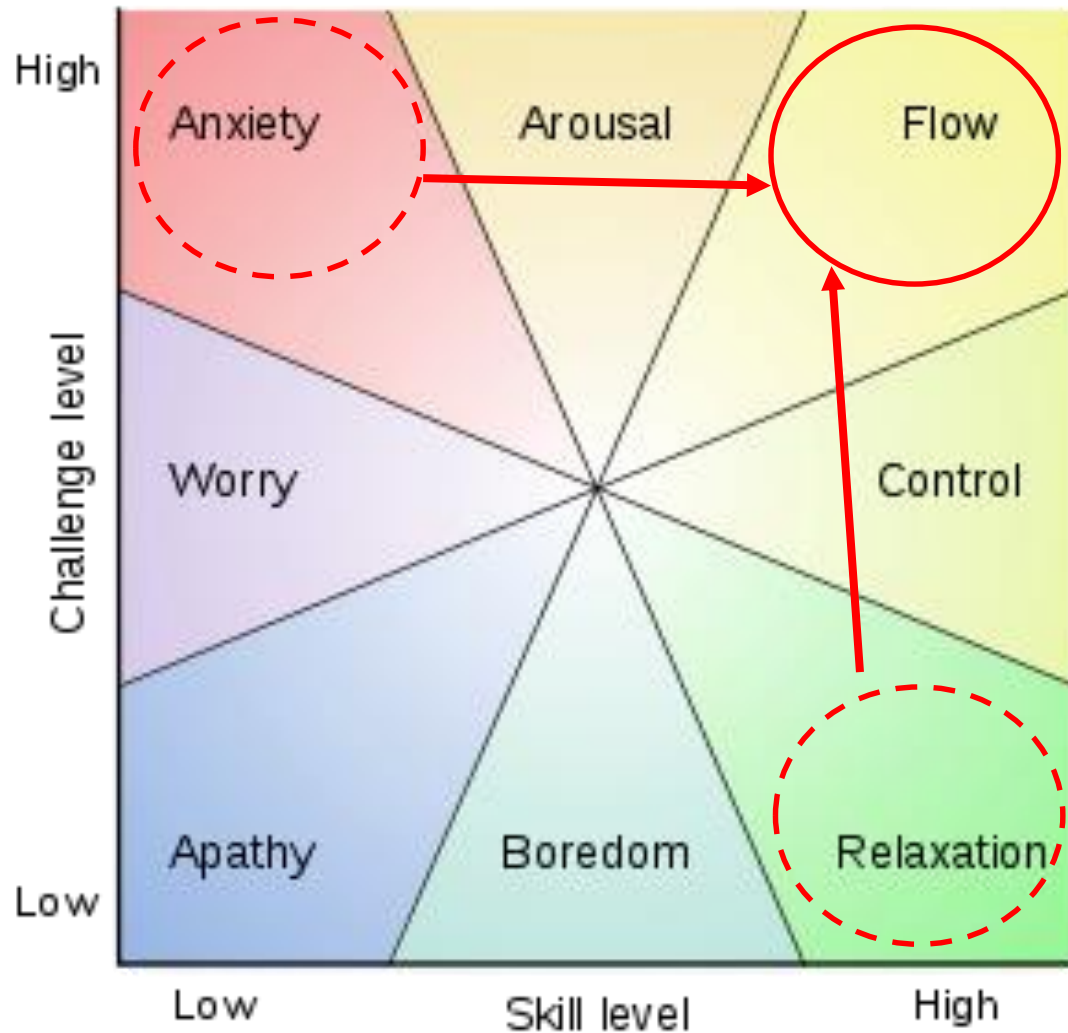


Direct relationship between germane and intrinsic cognitive loads



Know thyself: NFB to promote germane load

# Task engagement: motivation?





## Metacognition: NFB vs. Cognitive remediation

- Cognitive remediation: maintaining altered cognitive functions, or compensating weak function using reliable ones.
- Reeducation using neuropsychological games, helped by a psychologist who encourages metacognition.



# Result feedbacks

Result in remediation = am I successful with my neuropsychological task?

- LIMITED
- only if not already available as **intrinsic feedback**

**Appropriate  
result feedback**





# Performance feedback

Performance in remediation = was I focused enough?

- Useful to help the player who has to modify his movements
- Only if he can relate the feedback to his own intrinsic signals



Performance feedback :  
serve the ball as if using a whip

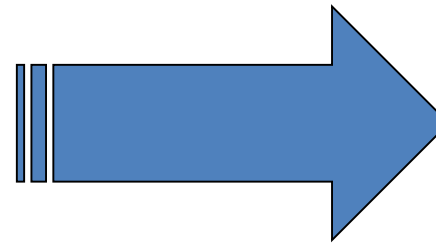
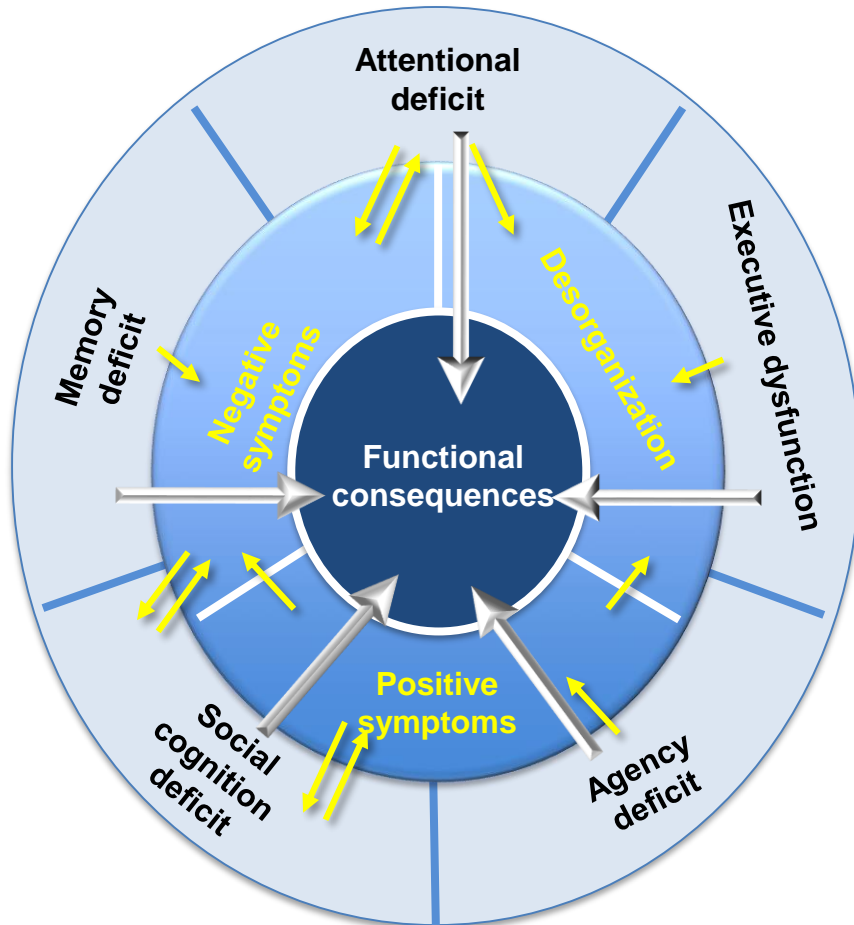
No external  
performance  
feedback in  
remediation



# Why is performance critical?

Functional deficit (performance)  
Example: schizophrenia

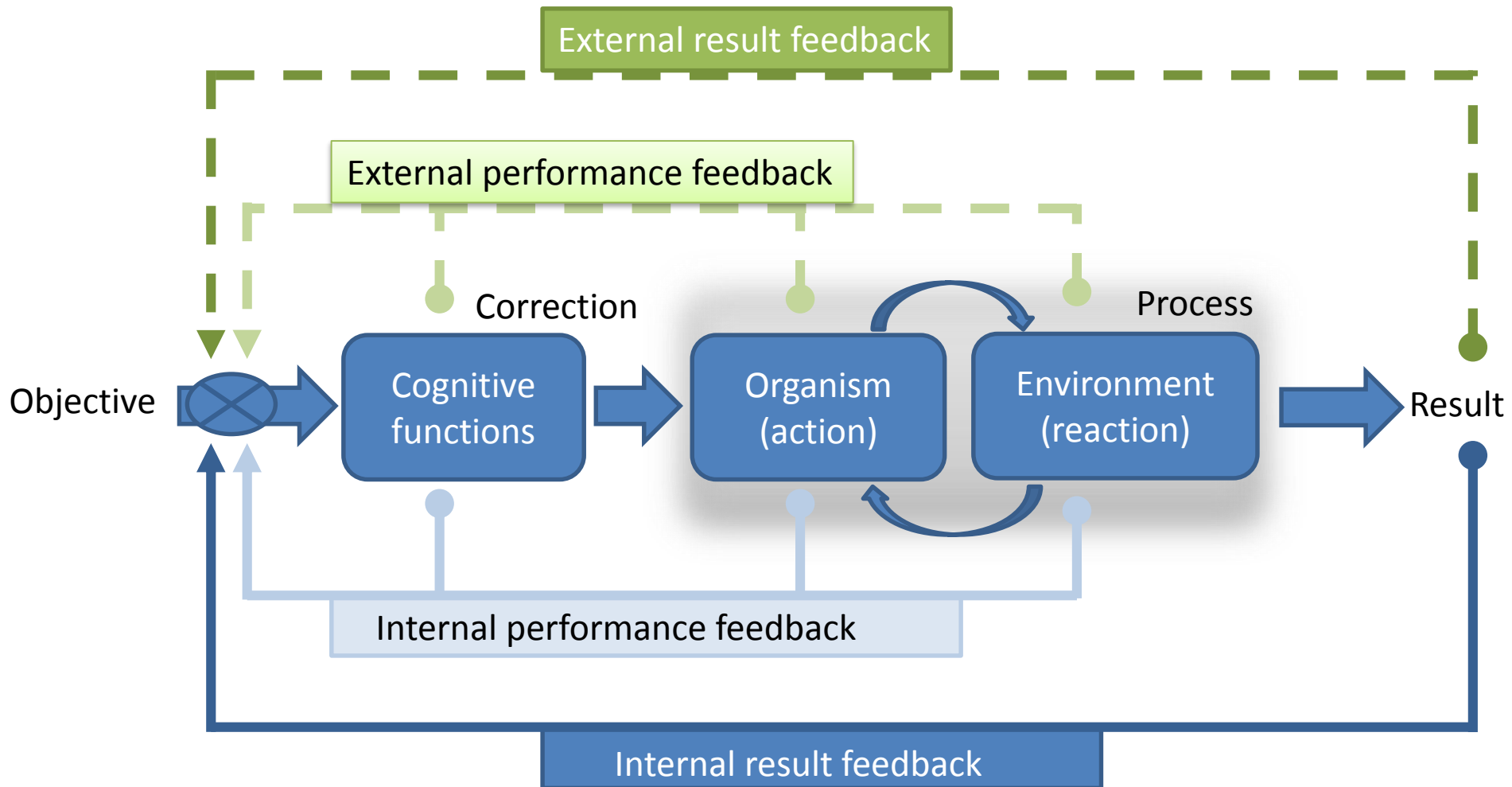
Pathology (result)



Pathology = neural correlates of the deficit (or a specific cognitive function)

Performance = mastery over the correlate (modulation of neural correlate)

# Skill learning



# Performance feedback

External performance in NFB = are the **neural correlates** of the symptoms evolving?

- Useful to help the player who has to modify his movements
- Only if he can **relate the feedback to his own intrinsic signals**



Performance feedback :  
serve the ball as if using a whip

External  
performance  
feedback possible  
in NFB



# **MEASURING SUBJECTIVITY**

Psychological scales



# Trait scales

---

Scale	Description
KUT	Locus of control related to technology
Learning Style Inventory	Learning style
16-Personality Factor-5	Personnality
STAI-Y	Anxiety

KUT not available in French →

validated translation



# State scales



Scale	Passation
Mindful state	Before + after
Attention/Working memory	Before + after
Commitment/motivation	Before + after
Mood	Before + after
Cognitive load	Before + after
Expectations	Before

Too many scales to evaluate regularly the state → creation of an NFB state scale

## Before

Je me sens	Calme	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Nerveux(se)
Je me sens	Endormi(e)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Réveillé(e)
Mon esprit a tendance spontanément à	S'évader	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Rester dans le moment présent
A l'idée de faire cette tâche je me sens	Motivé	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Ennuyé
Je me sens	Heureux(se)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Triste
Je me sens	Tendu(e)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Relaxé(e)
Lorsque mon esprit s'égarait, j'arrive à me reconcentrer	Facilement	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Difficilement
Je me sens	Satisfait(e)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Contrarié(e)

## After

Le temps me semblait s'écouler	Rapidement	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Lentement
Je me sentais	Calme	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Nerveux(se)
Mon esprit avait tendance spontanément à	S'évader	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Rester dans la tâche
Mon implication dans la tâche était	Légère	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Résolue
Le signal de feedback me semblait	Déroutant	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Prévisible
Mon niveau de confort pendant la tâche était	Elevé	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Bas
Je me sentais	Endormi(e)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Réveillée
La tâche m'a paru	Ennuyeuse	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Motivante
L'effort mental que j'ai fourni m'a paru	Élevé	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Bas
De mon point de vue le feedback était un signal	Que j'observais	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Qui venait de moi
Je me sentais	Heureux(se)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Triste
Lorsque mon esprit s'égarait, j'arrivais à me reconcentrer	Facilement	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Difficilement
Je me sentais	Tendu(e)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Relaxé(e)
J'étais volontairement engagé dans la tâche	Assidument	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Négligemment
Pendant la tâche, je me sentais	Accompagné	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Seul
Le signal de feedback me semblait	Pertinent	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Inadapté
Pendant la tâche les conditions (température, bruit, etc.) me semblaient	Défavorables	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Favorables
Je me sentais	Satisfait(e)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Contrarié(e)
L'exigence mentale demandée par la tâche me semblait	Basse	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Élevée
Le signal de feedback me semblait	Incontrôlable	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Contrôlable
Je sentais que mes expérience et mes actions	Venaient de moi	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Étaient contraintes

Test on 9 subjects, up to 5 sessions

➔ < 30 sec to answer in average

➔ Can be used for regular evaluations

# Metacognition



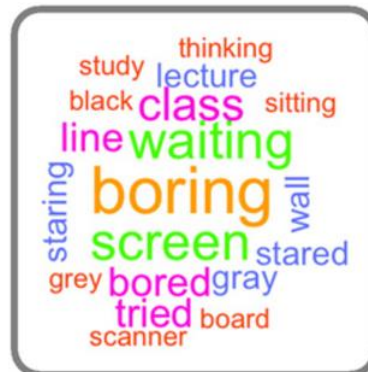
## NFB EXPLICITATION INTERVIEW IN THE LITTERATURE

Strategies may speed up learning, and allow transfer tasks (participants their strategies in daily life situations without NFB).

2 strategies:

- self-regulation (breathing, relaxation, etc...)
- Modulation (imagination or conditioning)

+ some false assumptions regarding the « absence of strategies » (confusion with introspection)



*strategy to modulate activity in nucleus accumbens (fMRI neurofeedback)*

Weak as compared to cognitive remediation → creation of a metacognitive interview

### Auto-régulation

- Régulation du stress (respiration, relaxation)
- Soutien à la motivation (imaginer des gens qui m'applaudissent, me répéter « bravo » intérieurement, me visualiser grand et fort)
- Efforts de concentration (rester immobile et focalisé, ne penser qu'à la tâche)

### Etayages

- Répéter l'instruction en boucle à voix haute
- Réencoder l'instruction avec mes propres mots
- Procéder étapes par étapes
- Faire des pauses
- Compenser ses faiblesses

### Modulation

- Utiliser des stratégies d'imagination (imaginer de la lumière, des sensations corporelles, qui font varier le feedback)
- Utiliser des conditionnements existants (penser à des souvenirs, à des mots, qui changent le signal de feedback)
- Soutien du feedback par des stratégies psycho-corporelles (changer mon rythme respiratoire, pianoter avec mes doigts, pour influencer le feedback)

### Introspection

- Comparer le feedback et mes perceptions internes (mon ressenti est-il en accord avec le feedback ?)
- Essayer de prédire le feedback avant qu'il ne s'affiche.
- Être attentif (conscient de) à sa charge cognitive
- Utiliser une technique de mindfulness (être dans l'instant présent, être plutôt que faire)

ID sujet/manip : _____	Session : _____	Date : / /
------------------------	-----------------	------------

Avez-vous utilisé une (ou des) stratégie(s) pendant cette session ? <i>(montrer graphique)</i>		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Avez-vous changé de stratégie en cours de session ?		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Ce choix vous a-t-il paru efficace ?		Inefficace <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Efficace
De quelle(s) stratégie(s) s'agissait-il ? (entretien non directif)	Stratégie(s) :	
Catégorie(s) :	<input type="checkbox"/> Etayage <input type="checkbox"/> Modulation du feedback	<input type="checkbox"/> Introspection <input type="checkbox"/> Auto-régulation <input type="checkbox"/> Autre
Souhaitez-vous utiliser une (des) stratégie(s) lors de la prochaine session ?		<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
Voici quelques pistes, laquelle (lesquelles) souhaiteriez-	<i>(montrer graphique)</i> Stratégie(s) :	

Test on 9 subjects, up to 5 sessions  
 ➔ 100% of subjects found this interview very useful at the first session AND at subsequent sessions  
 ➔ >60% of subjects reported « no strategy » at first (and afterwards recognized 2~3 strategies during interview)



# BRIDGING THE GAP

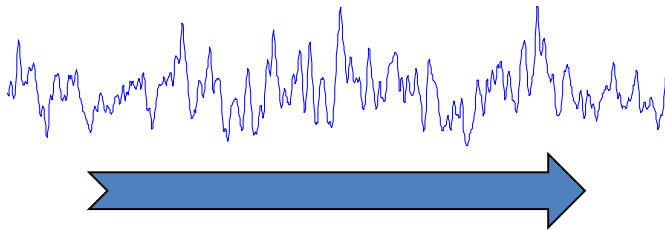
Modeling subjective variables



# Modeling personality dimensions



Complex data



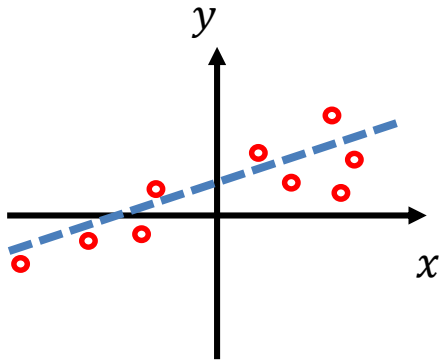
Computer learns  
« by itself »

The fashionable so-called « *bayesian* » approach is one of many versions of machine learning

# Machine learning

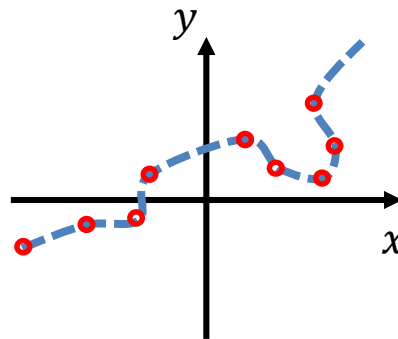


Linear regression



$$y^* = ax + b$$

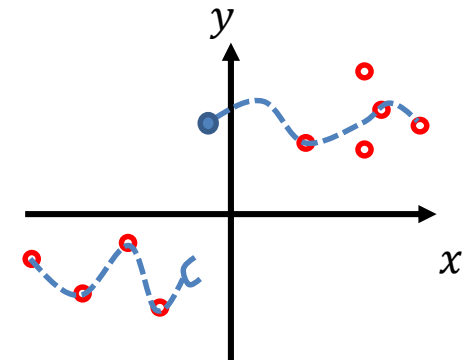
Non-linear regression



$$y^* = a_n x^n + \dots + a_1 x^1 + a_0$$

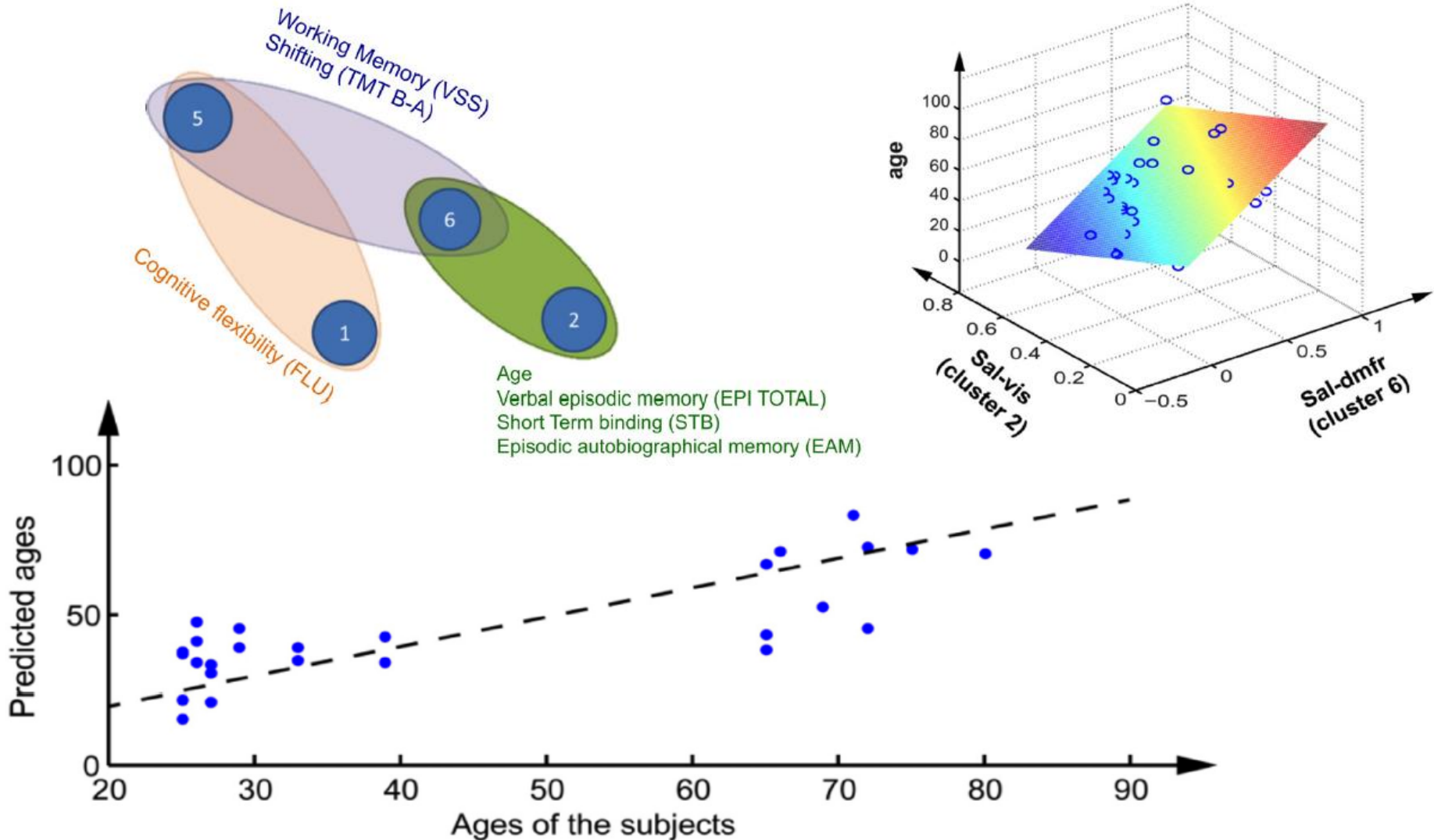


Universal approximators



- Multi-layer perceptron
- Support vector machines

# Example : age and fMRI

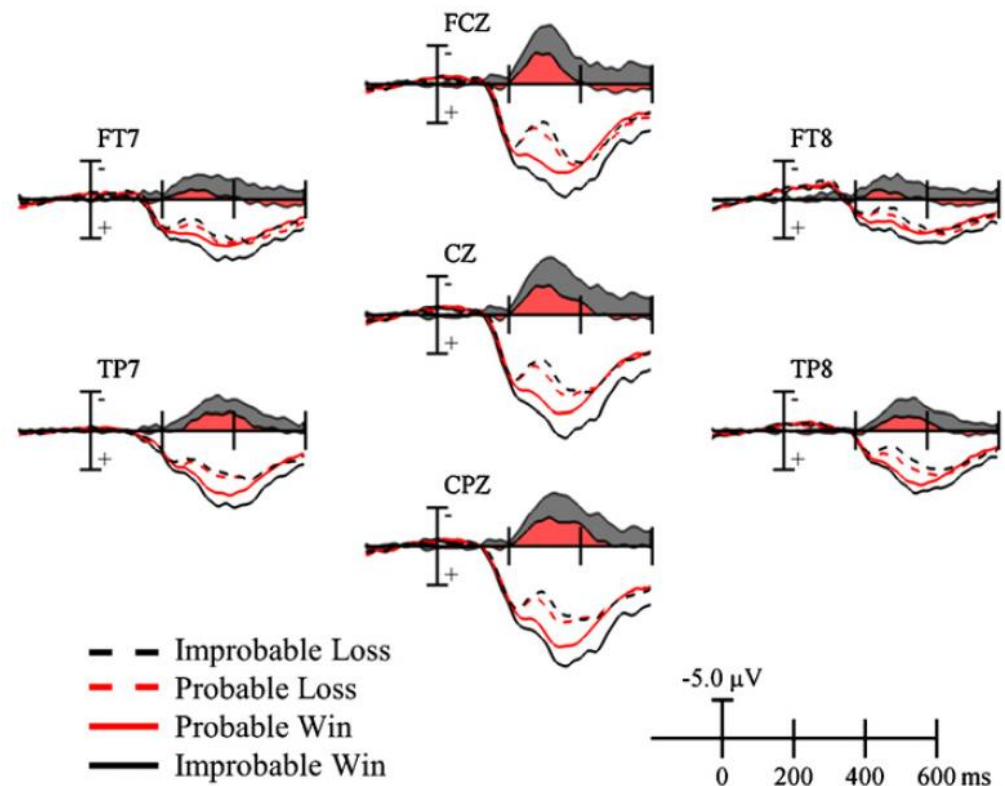
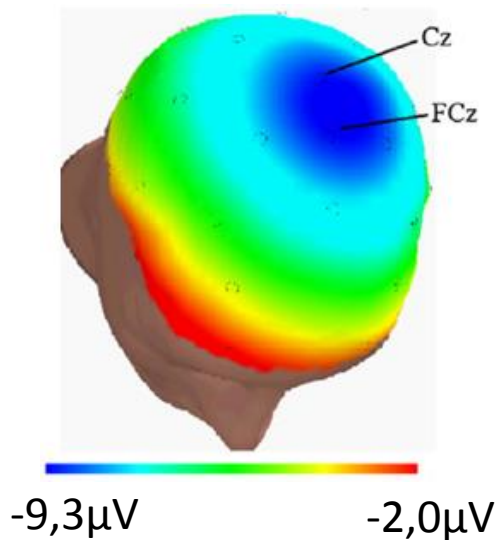


# ERN in feedback tasks : fERN



Using fERN to objectivize feedback integration

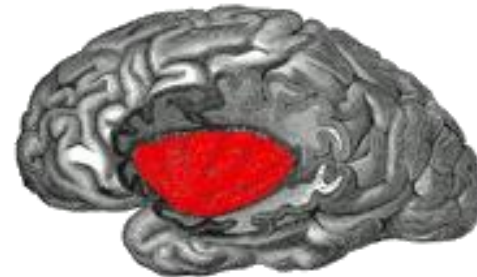
Source :  
DLPFC / ACC



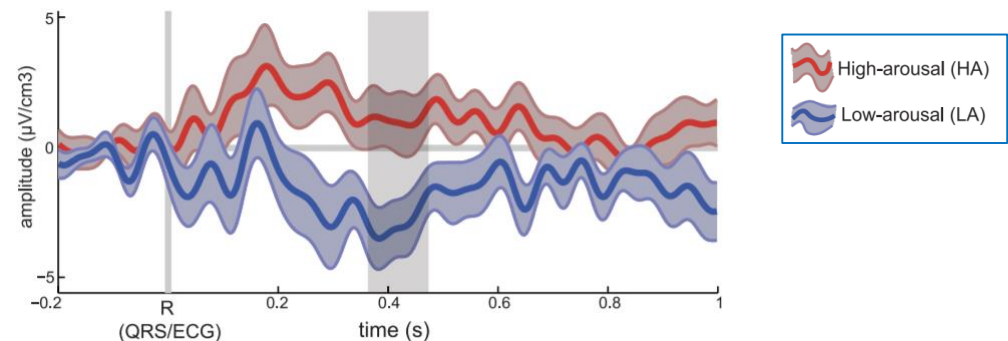
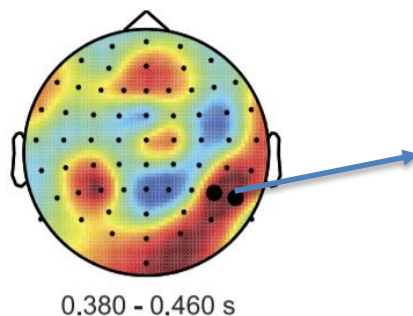
# Germane load = interoception?



- Ability to « feel oneself » (state perception)
- Integration of an « interoceptive consciousness » in the insular cortex



- Possible neural correlate: Heart Evoked Potential





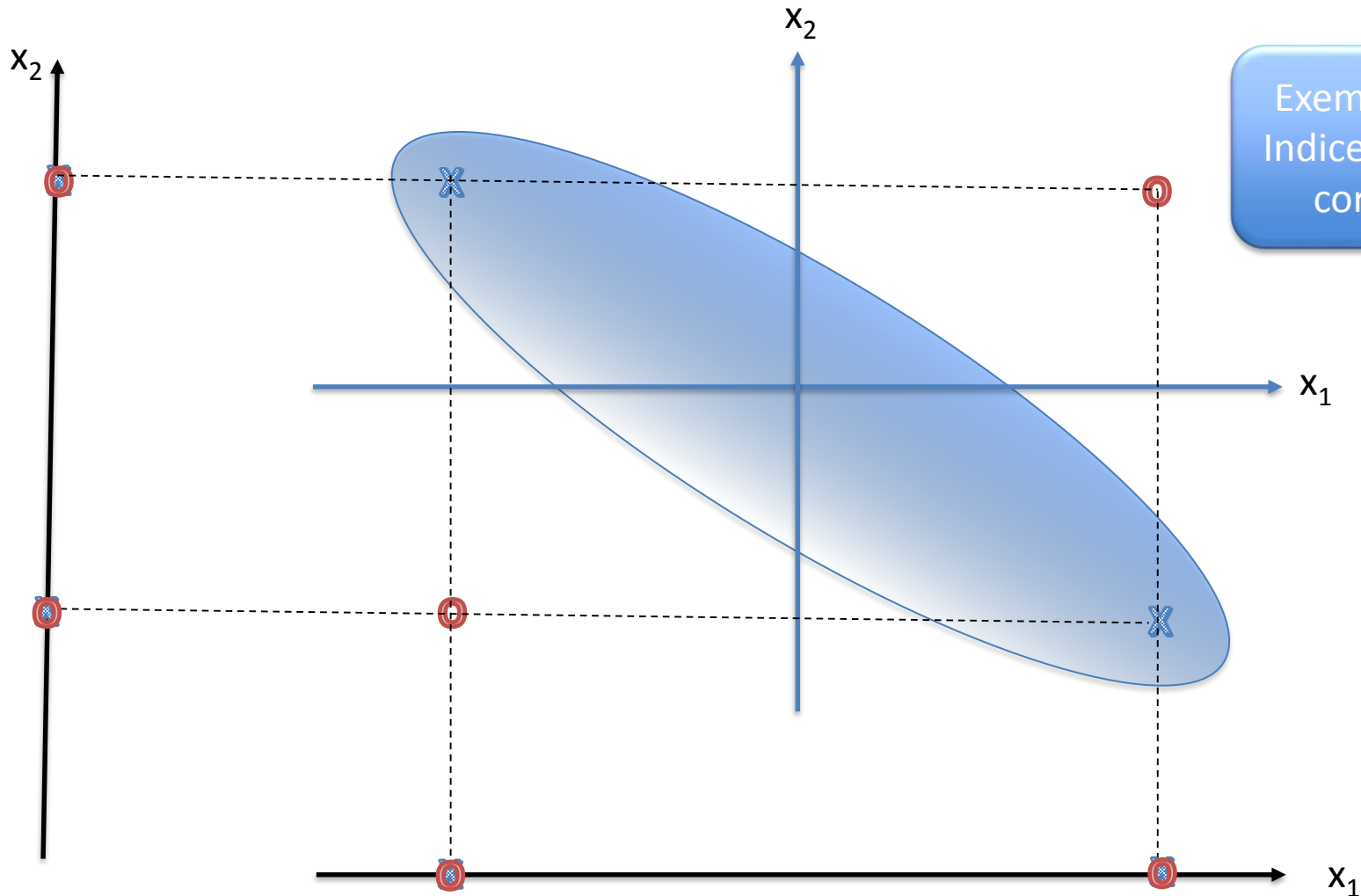
# APPENDIX



# Problème 1 : termes croisés



Le « ou exclusif »

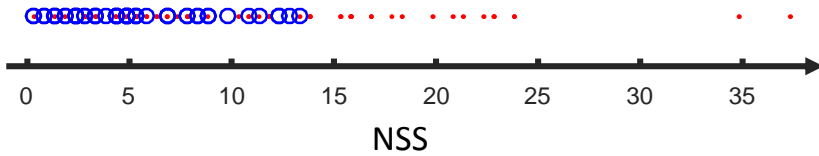


# Termes croisés : illustration



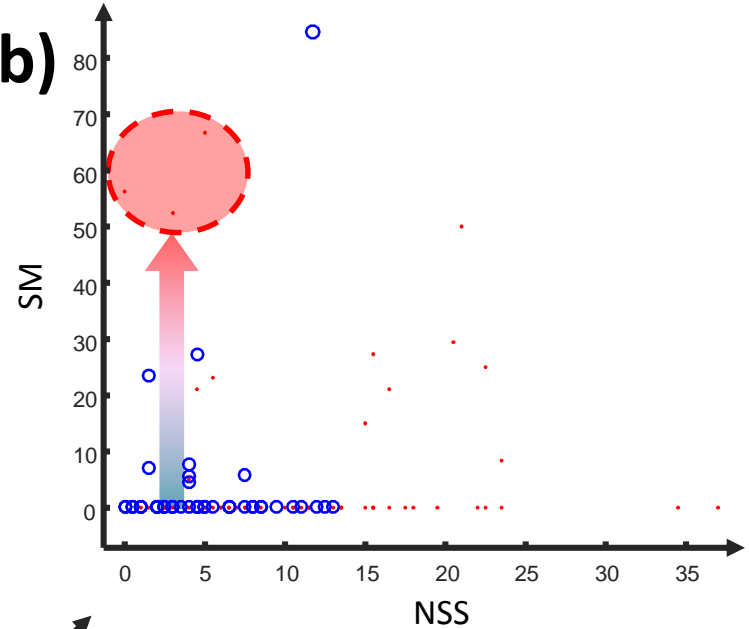
(a)

Neurological soft signs



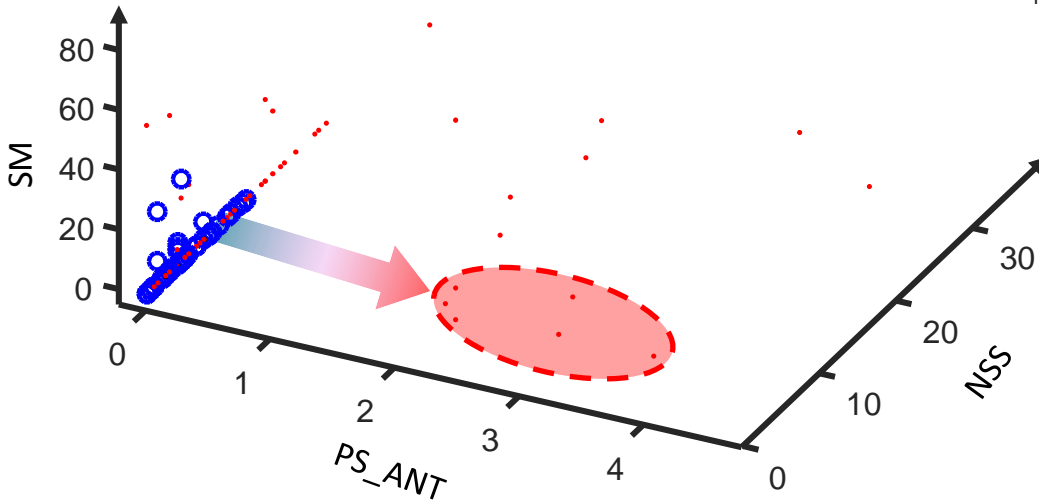
(b)

NSS + saccades mémorisées



(c)

NSS + SM + prosaccades/antisaccades



○ Contrôles

● Patients souffrant de schizophrénie

# Problème 2 : bruit

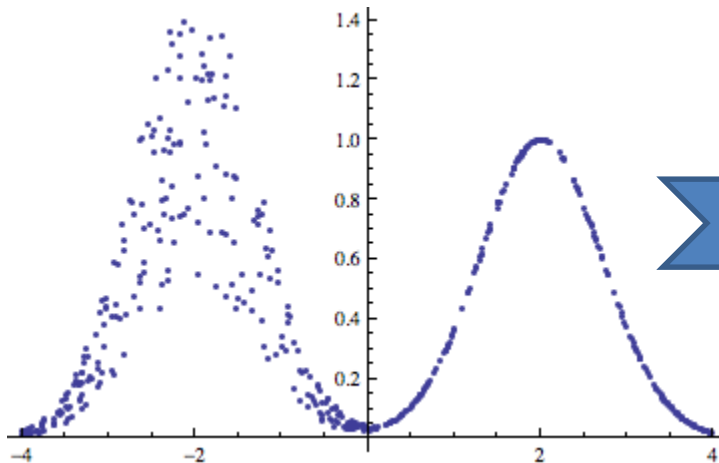


## LES DONNÉES CONTIENNENT DU BRUIT

- Limites de précision des instruments
- Erreurs de mesures (erreurs humaines, erreurs liées au contexte)
- Bruits technologiques (pollution électromagnétique)

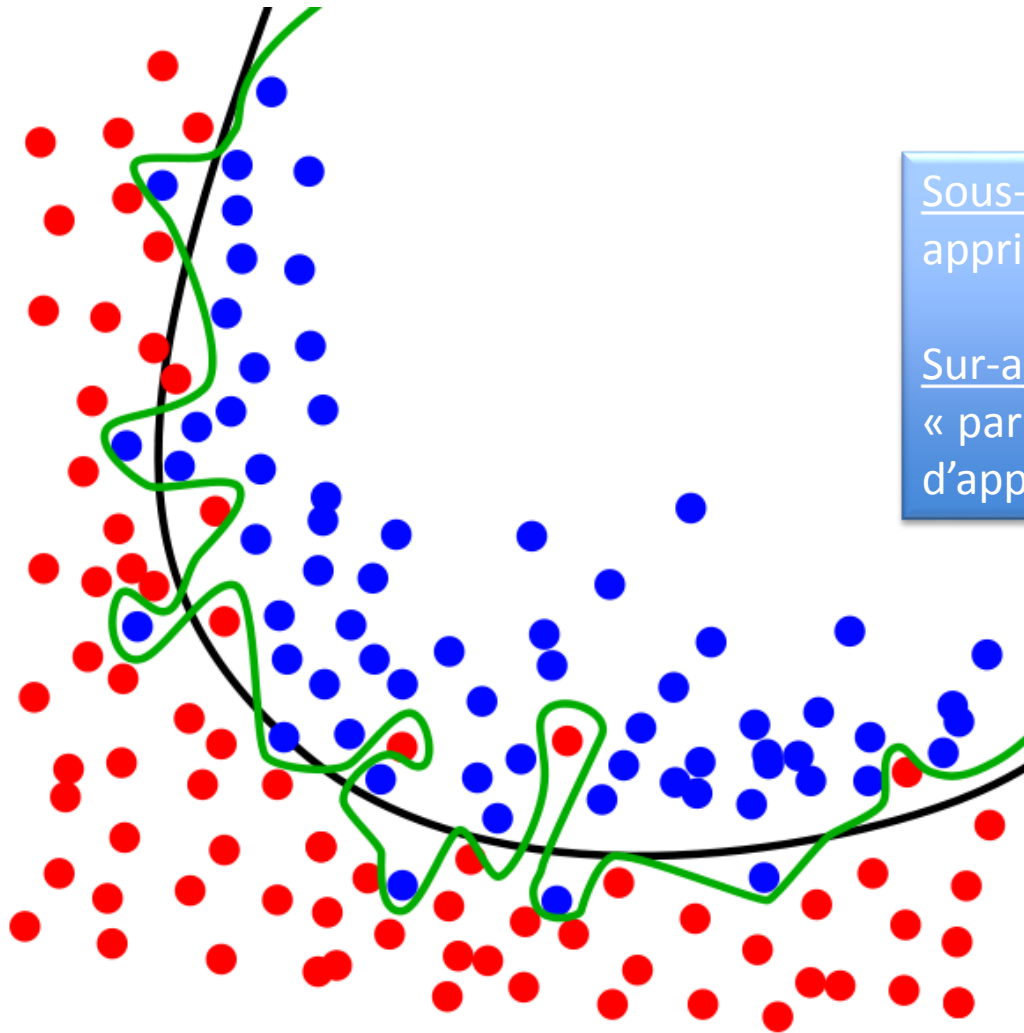
Données collectées

Distribution sous-jacente



Les données contiennent une part d'information, et une part de bruit

# Sur-ajustement



Sous-ajustement : le modèle n'a pas appris toute l'information

Sur-ajustement : le modèle a appris « par cœur » les données d'apprentissage (dont le bruit)