

# Un jeu sérieux pour détecter et rééduquer les difficultés d'écriture dans les troubles du neurodéveloppement ?

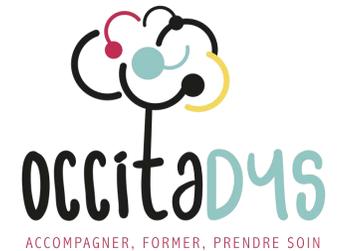
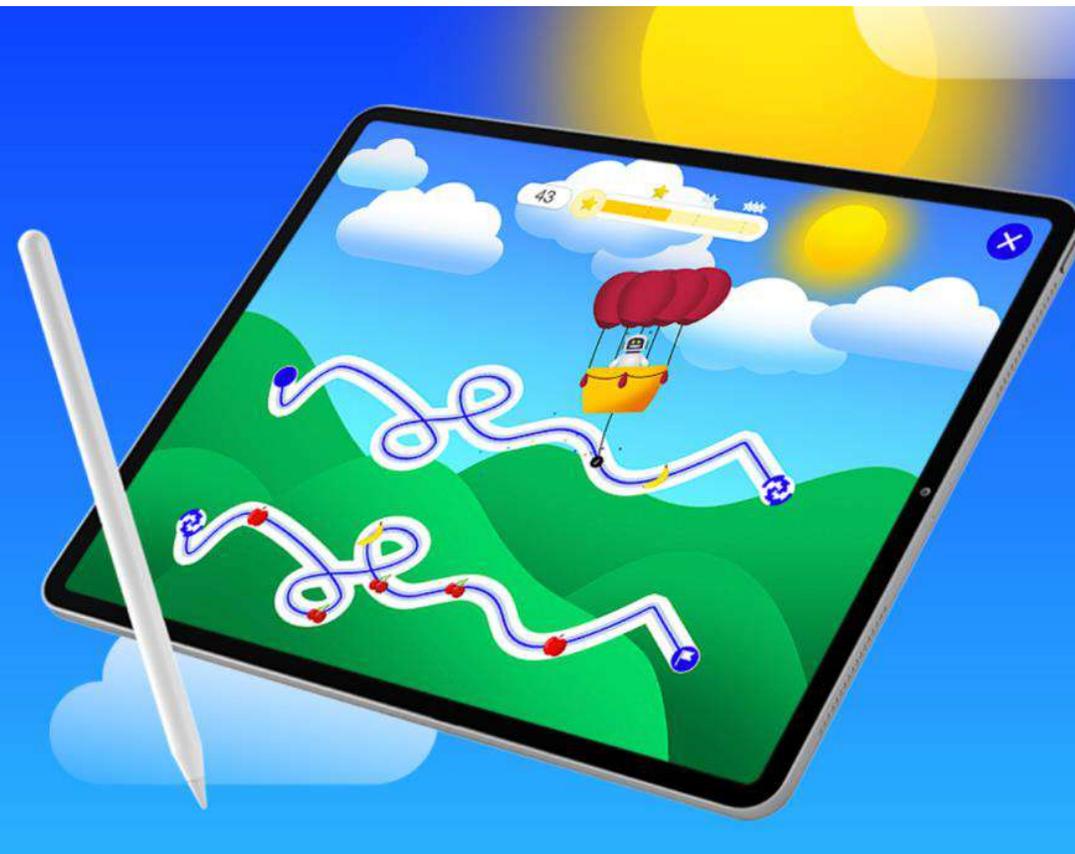


20 Janvier 2024

**Dr Thomas Gargot**

Maitre de conférences Universitaire –  
Praticien Hospitalier en psychiatrie de  
l'enfant et de l'adolescent

Dr Européen en informatique





# Nouvelles méthodes d'évaluation des difficultés motrices: Capteurs



**Clinical Stride:** Evaluation de la marche

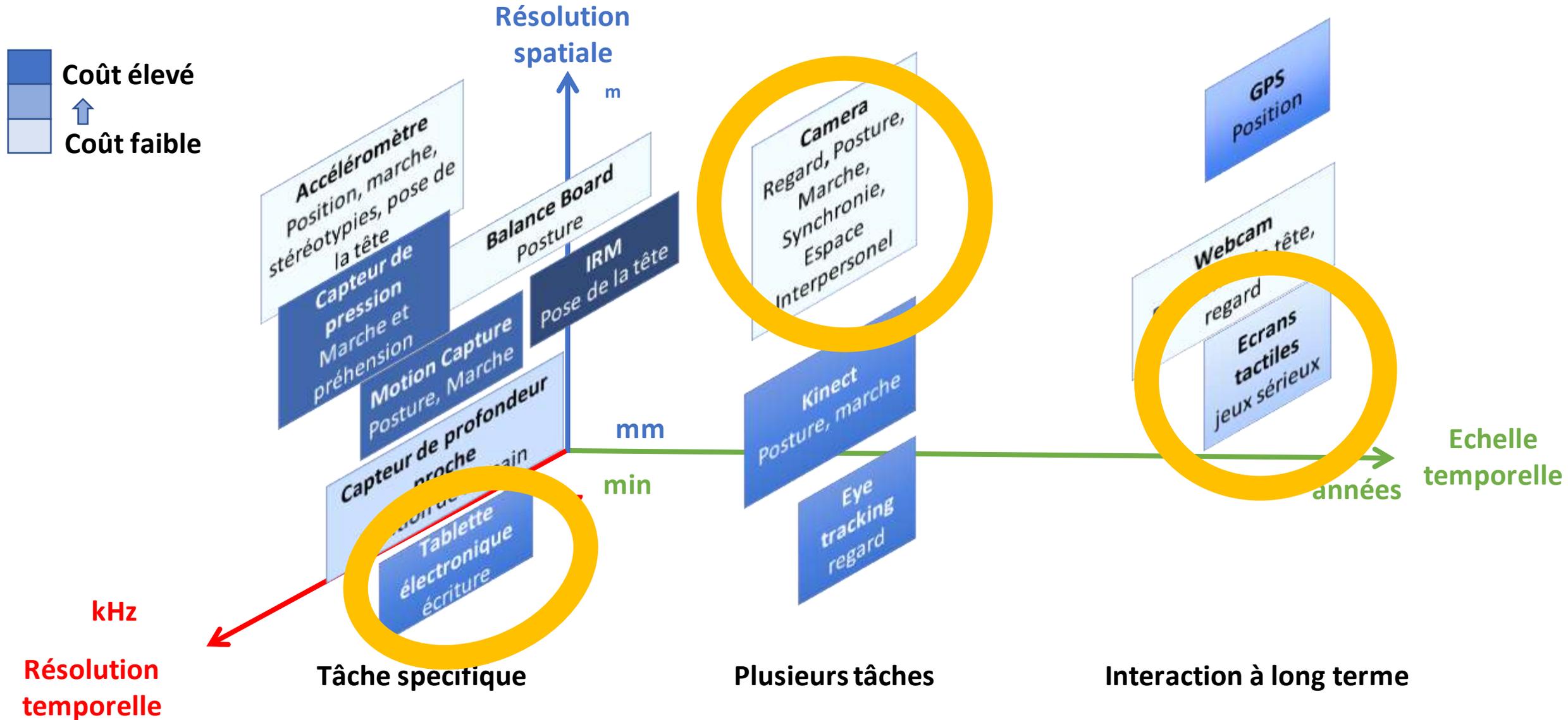


**Kinect RGB-D:** Evaluation de la posture



**Wii board:** évaluation de la posture

# Nouvelles méthodes d'évaluation des difficultés motrices dans le TSA



# Evaluation de l'écriture dans les TND: Dysgraphie



Tous TND: 1 naissance / 15-20

Trouble du Spectre de l'Autisme

Déficiences intellectuelles

Trouble des  
apprentissages

Trouble du développement  
de la coordination

TDAH (Trouble déficit de l'attention /  
Hyperactivité)

- 5 % des enfants scolarisés ont des difficultés d'écriture

# Evaluation de l'écriture: Test de référence (BHK)

*il fait très beau  
je suis bien je vois de l'eau mais je ne sais pas où elle va  
l'eau venait sur les côtés, avec une grande force. des enfants  
étaient près de moi.*

Critères						Total	
1. Ecriture grande							0
2. Inclinaison de la marge vers la droite						0	
	Phrases	1	2	3	4	5	
3. Lignes non planes	0	0	0	0	1	1	
4. Mots serrés	1	1	1	1	1	5	
5. Ecriture chaotique	0	0	0	0	0	0	
6. Liens interrompus entre les lettres	0	1	0	0	0	1	
7. Télescopages	0	0	0	0	0	0	
8. Variation dans la hauteur des lettres troncs	0	0	0	0	0	0	
9. Hauteur relative incorrecte	0	0	0	0	0	0	
10. Distorsion des lettres	0	0	0	0	0	0	
11. Formes de lettres ambiguës	0	0	0	0	0	0	
12. Lettres retouchées	1	0	0	0	0	1	
13. Hésitations et tremblements	0	0	0	0	0	0	
Score Total						8	

# Classification avec des tablettes électroniques : Données brutes



EPFL



La pitié Salpêtrière



[www.nature.com/npjdigitalmed](http://www.nature.com/npjdigitalmed)



npj | Digital Medicine

ARTICLE OPEN

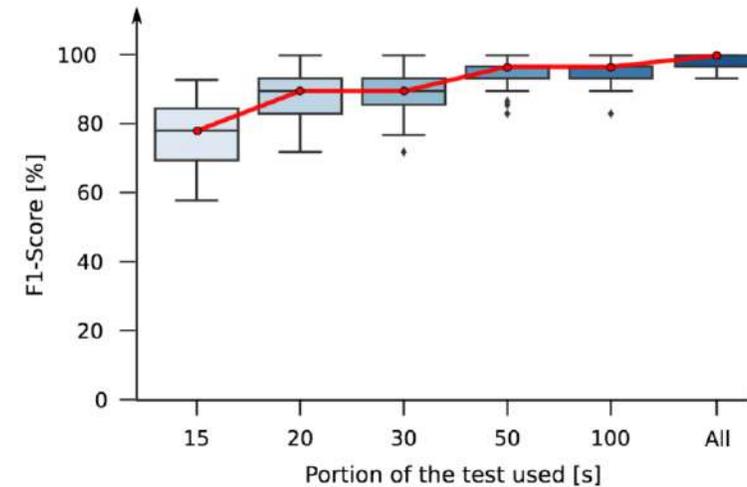
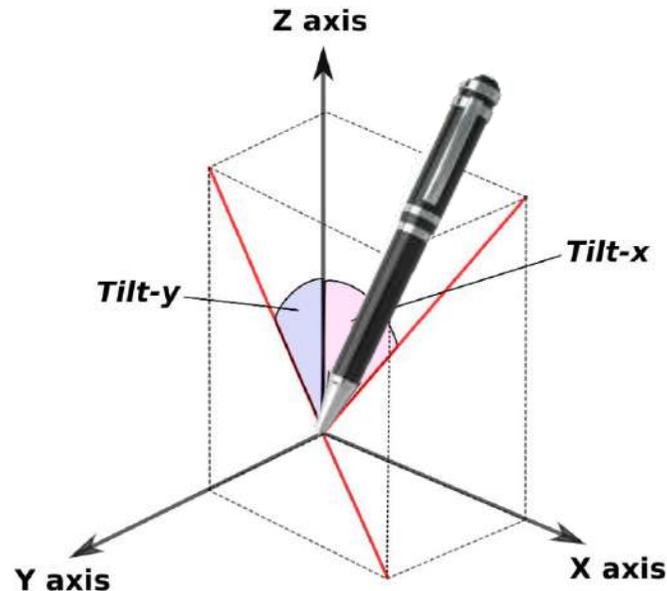
## Automated human-level diagnosis of dysgraphia using a consumer tablet

Thibault Asselborn<sup>1</sup>, Thomas Gargot<sup>2,3,4</sup>, Łukasz Kidziński<sup>5</sup>, Wafa Johal<sup>1,6</sup>, David Cohen<sup>2</sup>, Caroline Jolly<sup>7,8</sup> and Pierre Dillenbourg<sup>1</sup>

- Position x, y, z
- Inclinaison x,y
- Pression

Résolution

- 200 Hz
- 0.25 mm



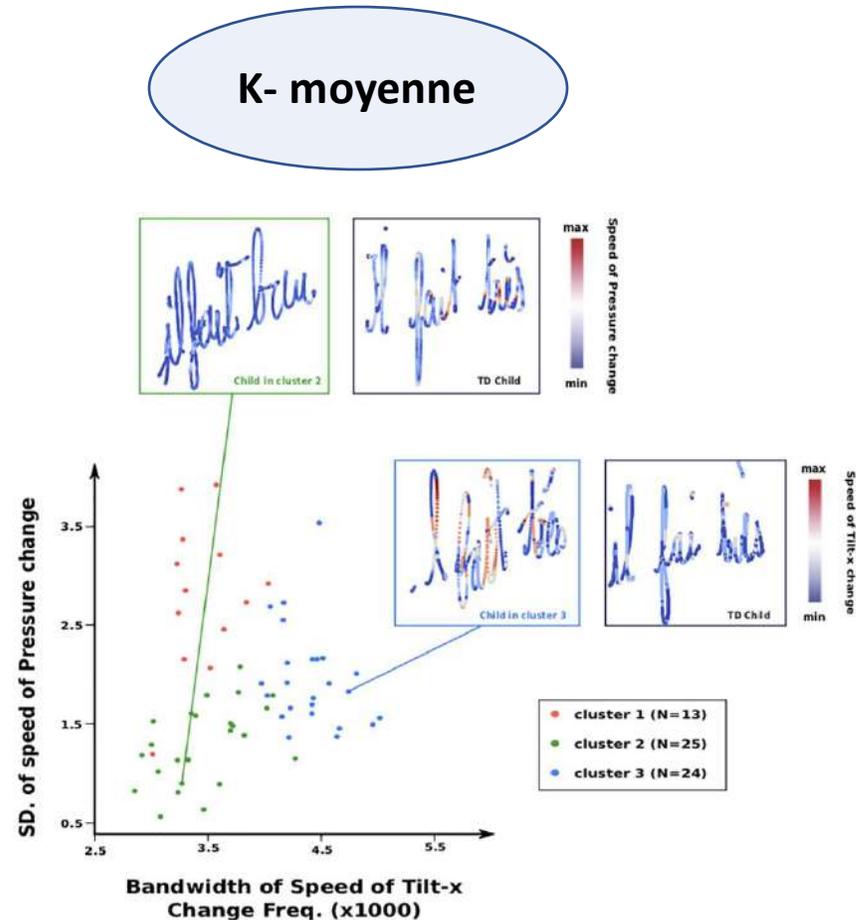
Asselborn, Gargot et al., Nature Digital medicine, 2018  
Agarwal et al., 2023 ; Danna et al., 2023

# Une nouvelle classification de la dysgraphie: une approche plus personnalisée

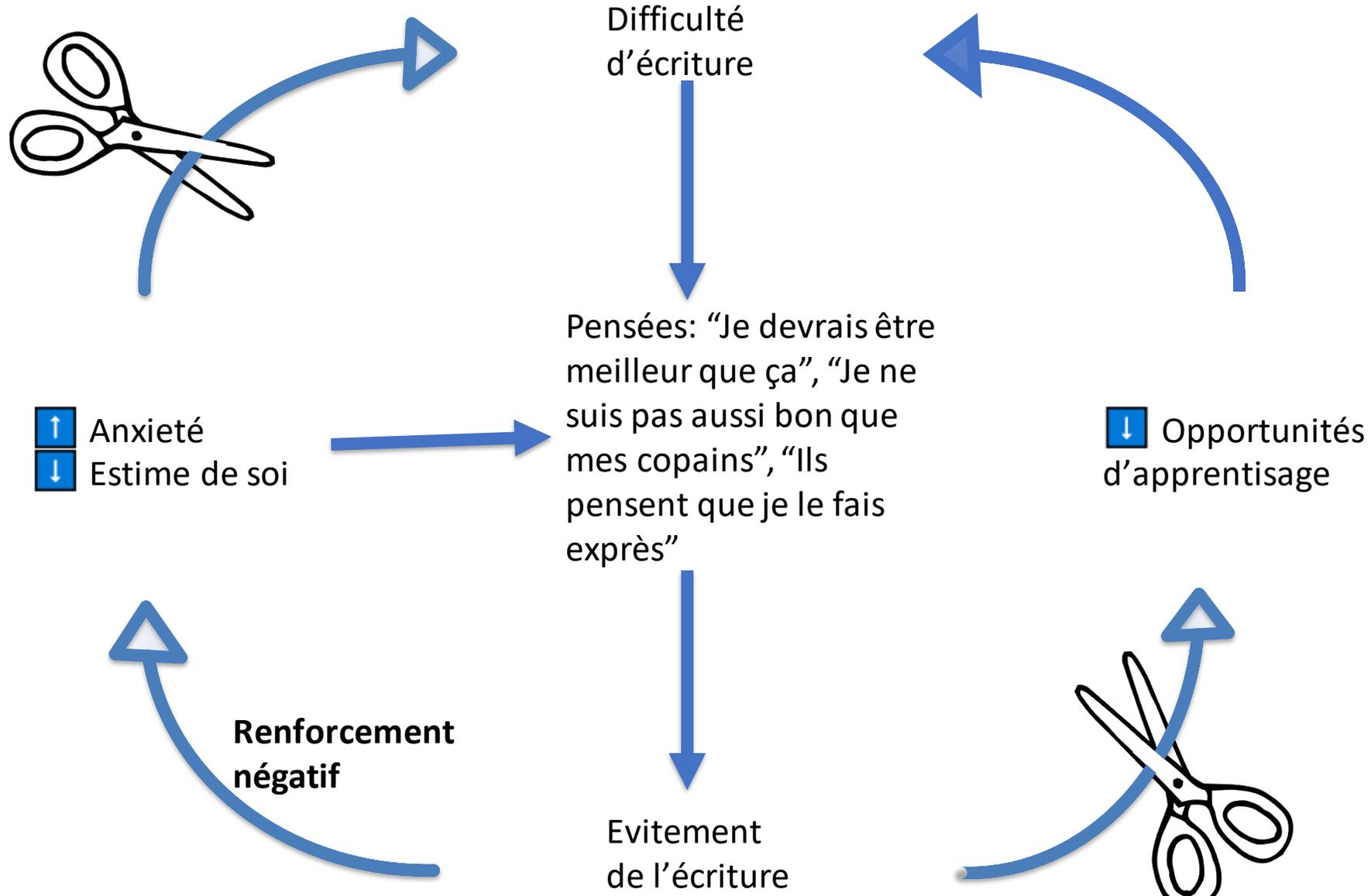
*Echantillon :*

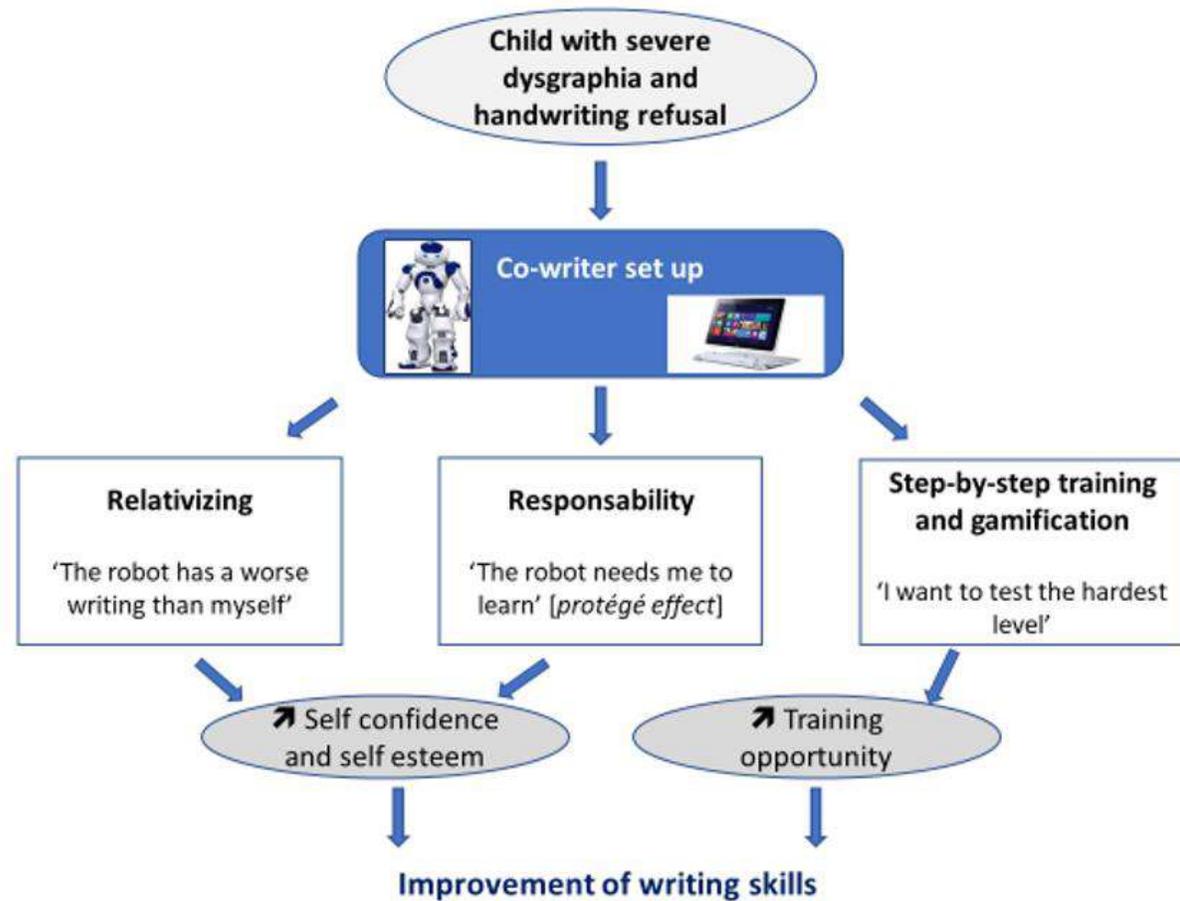
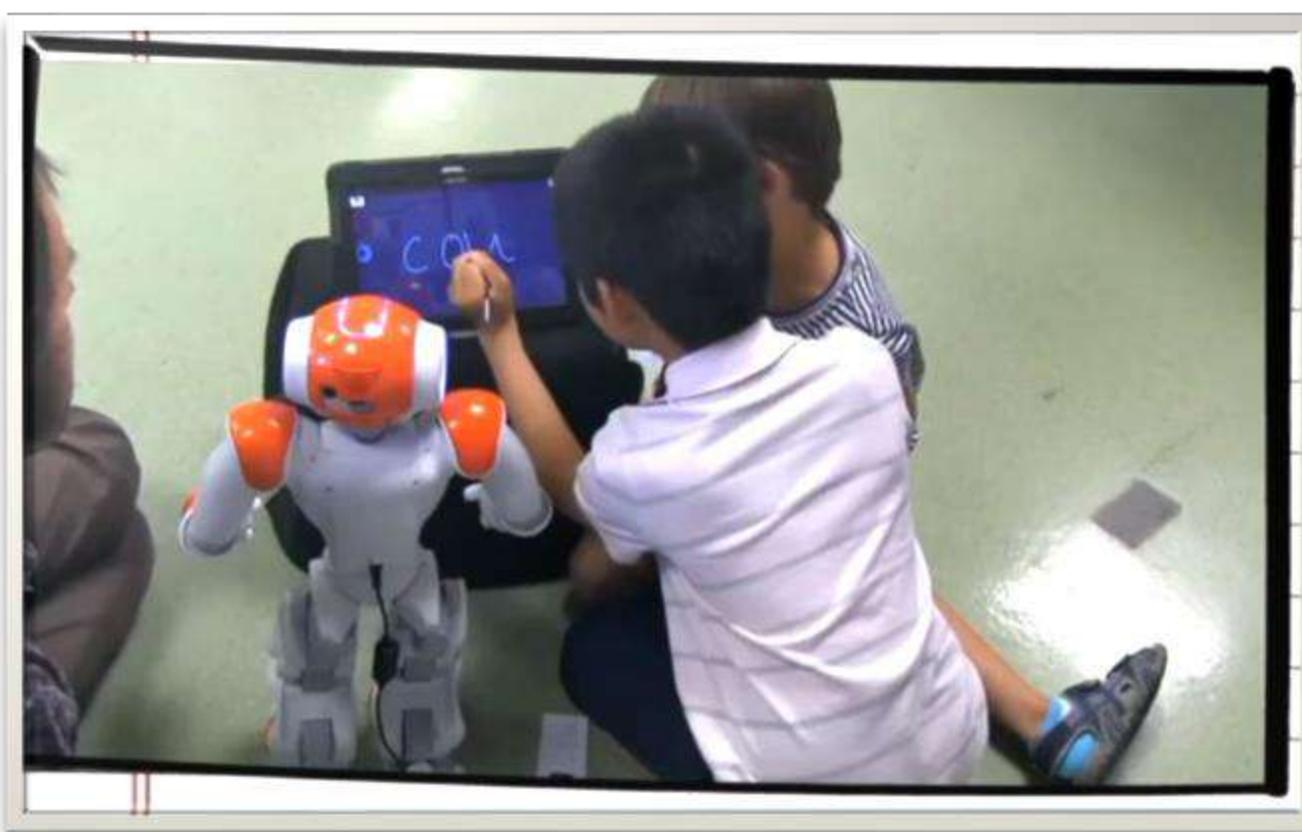
✓ DYS: 62 enfants

1. **Dysgraphie légère:**  
dans les écoles
2. **Dysgraphie sévère:**  
Kinématique et  
pression
3. **Dysgraphie sévère:**  
inclinaison du stylet



# Modéliser la dysgraphie





**EPFL**

Comment ces domaines d'écriture pourraient être améliorés ?

# Les activités

Léo

## Activités

★ = Activités recommandées pour Léo



Poursuite



Chimiste



Archéologue



Pizzaiolo



Alphabet



Sous-marin



Jus



Hélicoptère



Drapeaux



Apprenti



Zoo



Sauvétage

Coordinateur Dr Asselborn, Lausanne

<https://dynamilis.com/fr>



 Télécharger Dynamilis

- Tablette autonome
- Meilleure accessibilité, coût plus faible
- Apprentissage machine
  - Sur plus de 30 000 enfants
  - En 4 langues (Fr, En, De, It)
- Corrélation BHK (Test de référence) : 92 %
- + de 2000 enfants utilisent l'application
- 300 000 activités de rééducation depuis mars 2022
- 503 thérapeutes

## Des prix

### Prix Etienne Jules Marey pour l'innovation



École Pratique  
des Hautes Études

PSL 

### Talents e-santé



- Nominés dans les categories
- application citoyenne et
  - intelligence artificielle

3ème Prix ex aequo



### Prix santé



WYSS CENTER

### Prix startup



### Prix éducation

STIFTUNG  
MERCATOR  
SCHWEIZ

Evaluation de l'acceptabilité et perspectives organisationnelles (à la maison, à l'école et à l'hôpital) par des focus groups et des simulations animés par des sociologues

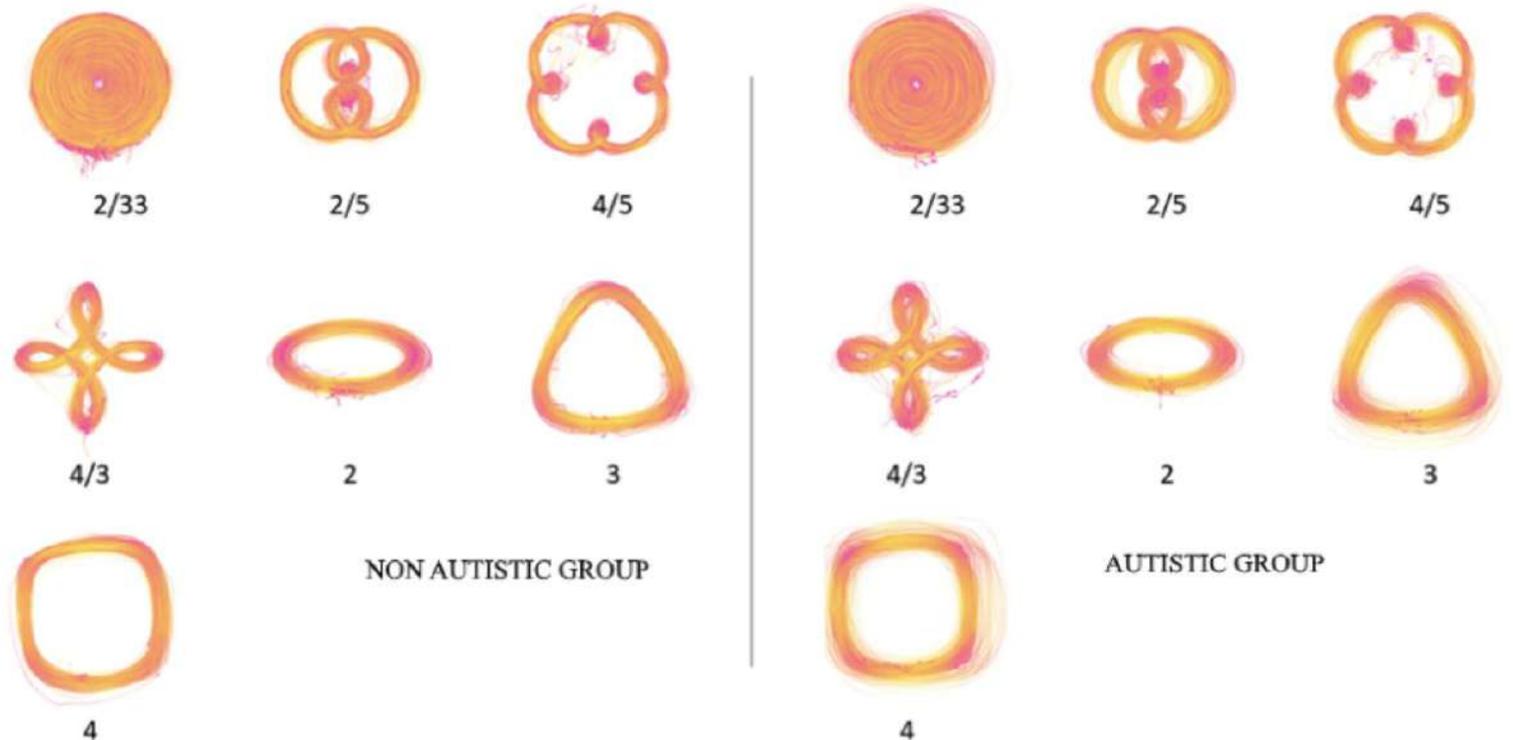


Efficacité en dépistage et en thérapeutique (Caractérisation fine des diagnostic neurodéveloppementaux dans une étude de dépistage observationnelle nationale : PHRC)



Identification d'une **signature motrice du TSA** par rapport au TDC (perturbation des lois de puissance décrivant les modifications de la vitesse en fonction d'une courbure). Quelles est sa trajectoire développementales ? Activation différentielles des réseau sous jacents (fNIRS ?)

Lien PCO ?



# Merci

- David Cohen, Pr en Pédopsychiatrie
- Ingrid Zammouri, Psychomotricienne
- Véronique Simmonet, Enseignante spécialisée
- Soizic Gauthier, Post-Doc, Docteur en Psychopathologie
- Hugues Pellerin, Statisticien
- Lucile Huet, Mathilde Bossert, Asma Boufenara, Jean-Paul Saliba
  
- Salvatore Anzalone, Ass Pr en informatique, Université Paris 8
- Dominique Archambault, Pr en informatique, Université Paris 8
  
- Jean Zagdoun, Doctorant en informatique
- Mohamed Chetouani, Pr en informatique
  
- Thibault Asselborn, Doctorant en informatique
- Barbara Bruno, Post Doc en informatique
- Jauwairia Nasir, Doctorant en informatique
  
- Wafa Johal, Ass Prof en informatique, UNSW, Sidney
  
- Caroline Jolly, Grenoble, CR CNRS
  
- Caroline Andre, Ergothérapeute, CHUV, Lausanne
  
- Nathalie Deffas, psychomotricienne
- Clémence Gillard, psychomotricienne



La pitié Salpêtrière



EPFL



Et tous les usagers et leurs familles

Les Jeux Vidéo  
ont ruiné ma vie



il m'en reste deux

**Merci !**



# Vers des études de confirmation clinique : diagnostique et thérapeutiques ?



DIRECTION  
GÉNÉRALE  
DE L'OFFRE  
DE SOINS



**LiLab**

LIVING & LEARNING LAB  
NEURODÉVELOPPEMENT



France / Suisse ?

## Modèle en cascade

Diminution des récompenses sociales,  
difficultés pour se socialiser, pour  
communiquer ses besoins

Frustration,  
Troubles du  
comportement  
(crises clastiques)



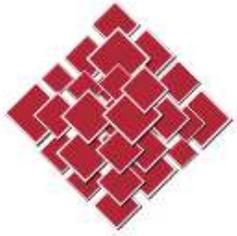
Difficultés de  
synchronisation,  
pour comprendre  
autrui médiées par  
l'imitation (e.g.  
Lecture du visage,  
théorie de l'esprit)  
(Neal, 2011)

Anxiété et  
évitement

Difficultés  
d'intégration  
sensorielle  
(Kojovic, 2019)

Difficultés  
motrices (Dziuk,  
2007)

Difficultés d'apprentissage liées à des  
perturbations neurobiologiques



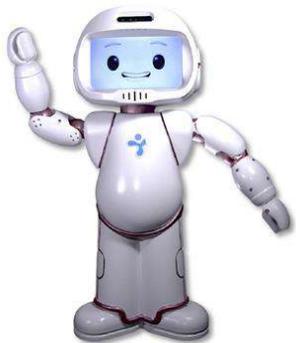
École Pratique  
des Hautes Études

PSL 

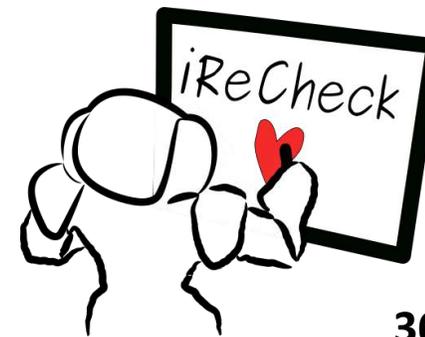


ÉTIENNE-JULES MAREY (1830-1904) ,  
Chronophotographie du saut en longueur

## Améliorer la réhabilitation avec la robotique sociale



- Scénario d'apprentissages
- Retours pour l'enfant
- Métacognition et réflexion de soi
- Motivation



AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE  
**ANR**

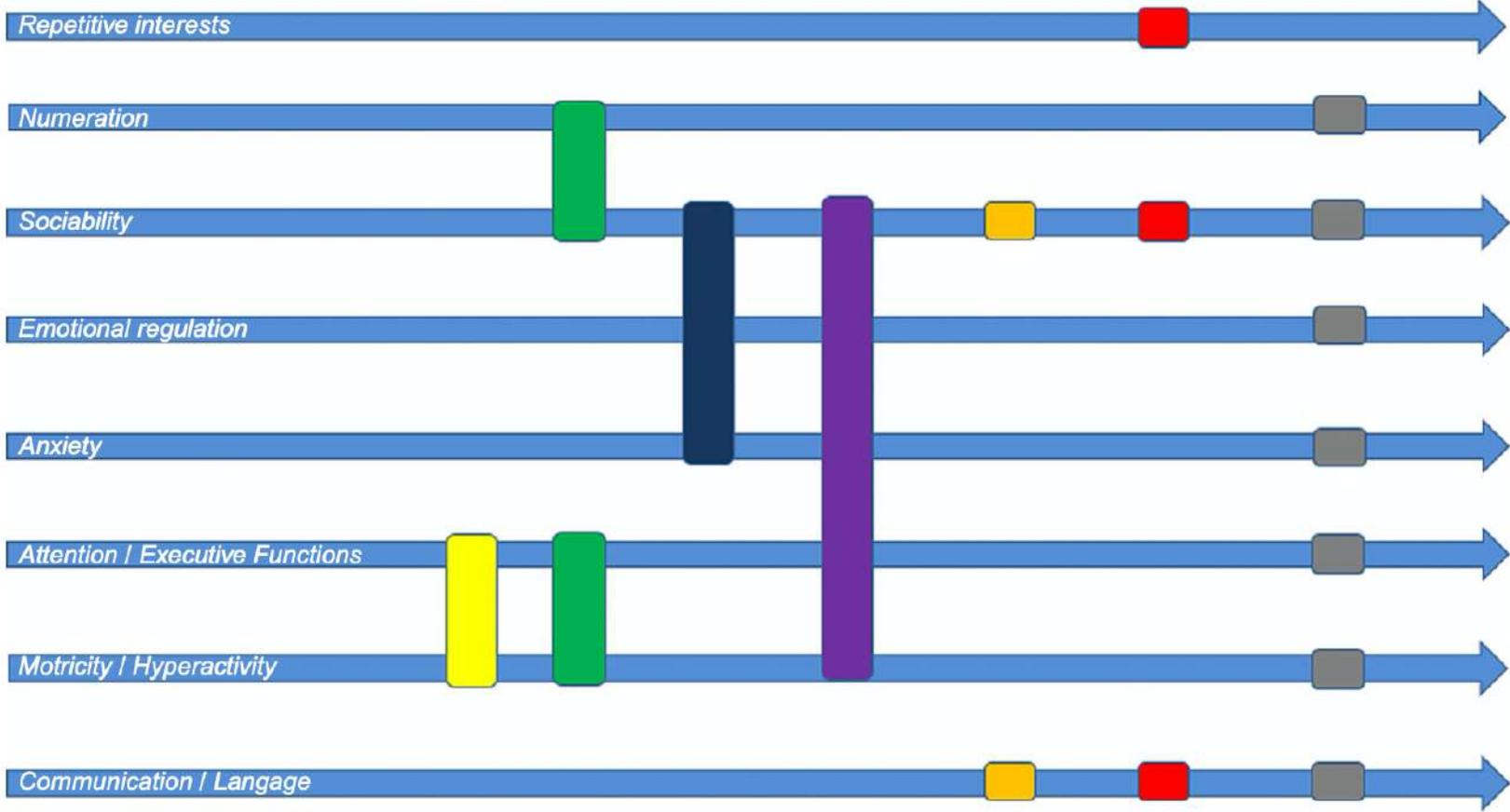
**FNSNF**

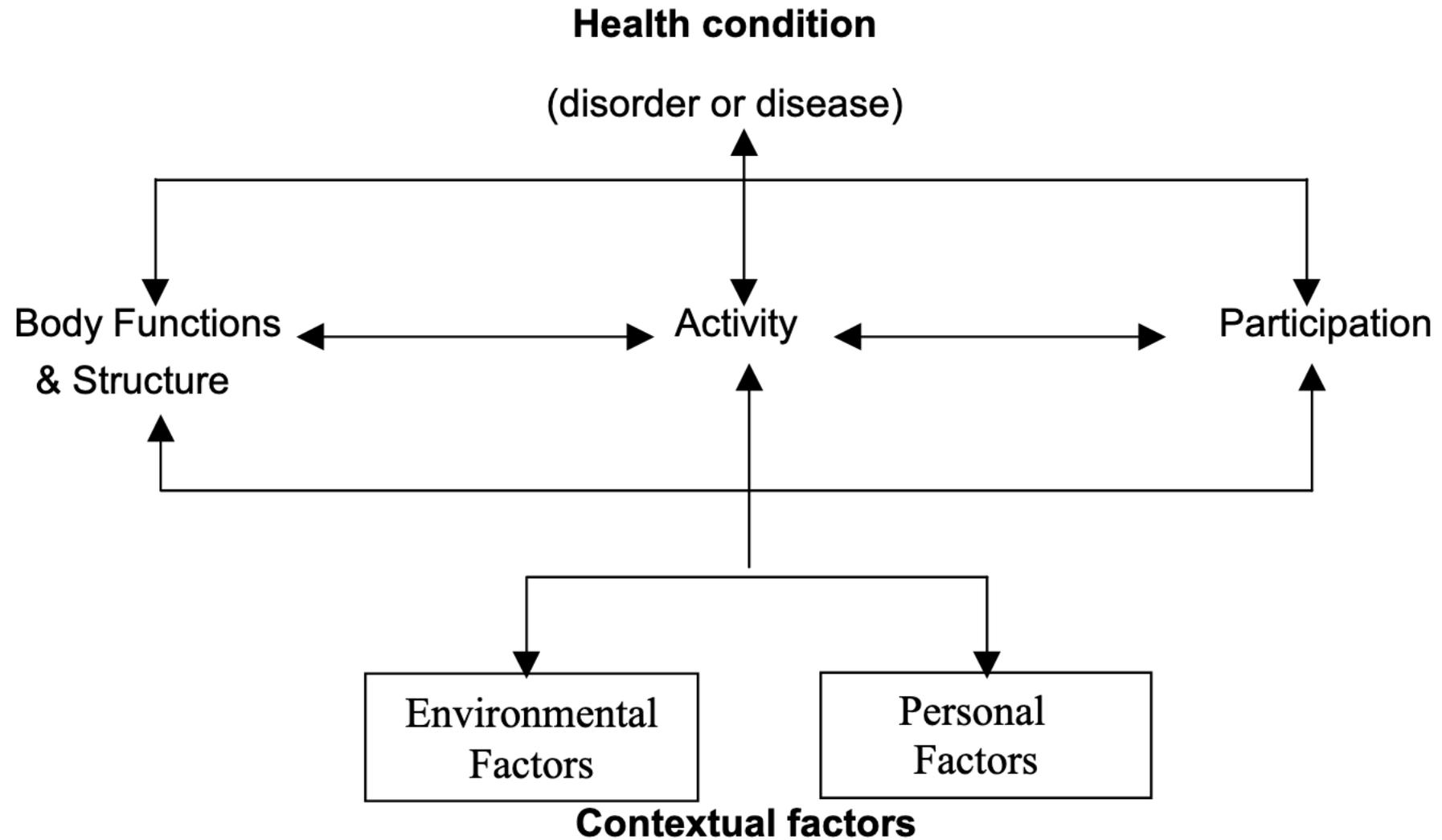
363 k€, Anzalone, 2020

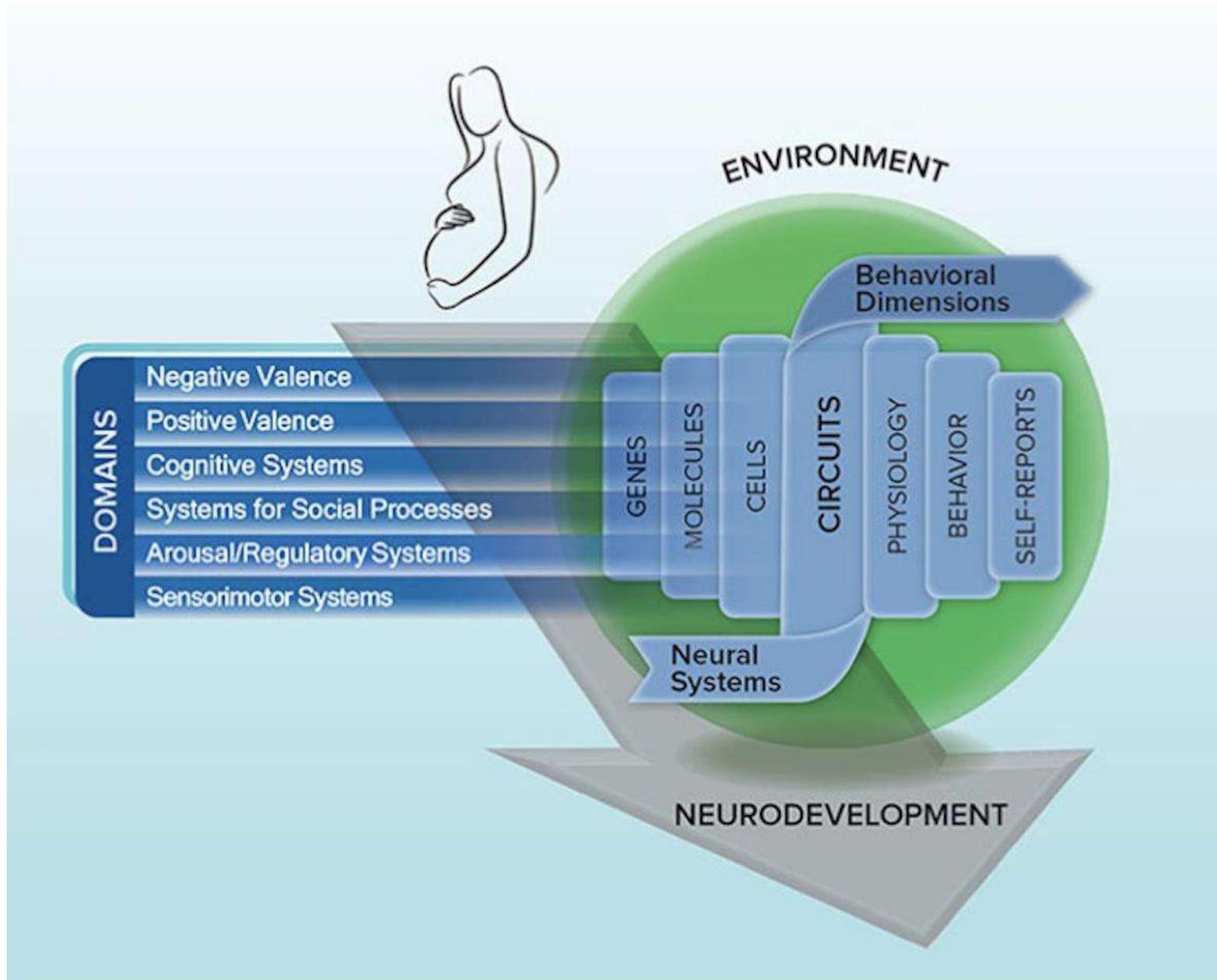
# Analyse



# NDD







Form
10:59



**Nao IP:** 10.0.0.10

**Nao Port:** 9559

**Status:** Connected




**Path DB:** ~/DB\_cowriter

  
 cowriter

2

  
 Course

  
 Pression

  
 Inclinaison

  
 BHK

  
 Arc-en-ciel

Temps: 317 s

Réponse enfant après robot

Négative
Neutre
Positive



Réponse enfant pendant la séance

Peu de plaisir
Beaucoup de plaisir



Peu d'effort
Beaucoup d'effort



### Contrôle robot

#### Se défend

#### Pas en forme

#### Entre séances

#### Méta-cog

#### Explique

#### Encouragements

#### Valorisations

#### Bavard

#### Entre activités

26

Prevention  
Apps

Telepsychiatry

ICBT

Virtual  
Reality

Avatar

Robots

SAR



# Enhancing the rehabilitation using social robotics



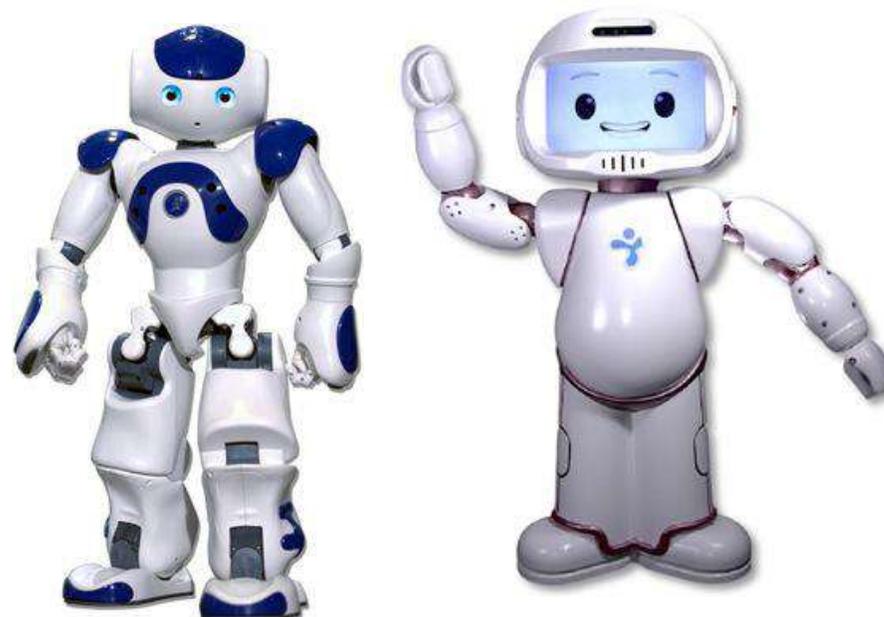
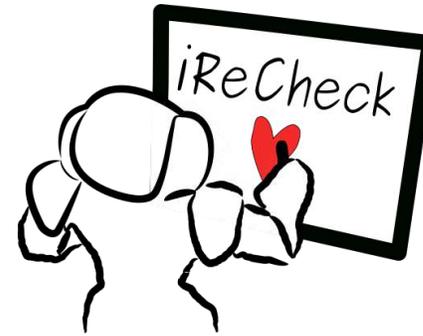
Figure 6.1: WoZ Interface. On the left side, the therapist can connect to the robot (top), choose the activity to engage the child in (centre), and annotate the child's responses to the robot's behaviour (bottom). On the right side, buttons to trigger various robot behaviours.

<https://drive.google.com/open?id=1Up5IU-OVfj0vHWi6yr8PXWRihv1-v98l>



Salvatore M. Anzalone  
 Jianling Zou (PhD robotics)  
 Soizic Gauthier (Post doc psycho, PhD Berthoz)

- Framing
- Feedback
- Metacognition and self reflection
- Motivation



# Potential of a social robot

## Conceptual framework (22 behaviours)

<p style="text-align: center;"><b>Framing</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Mystification</li><li>• Framing the limits</li><li>• Low performing robot with a humble attitude</li><li>• Dealing with aggression and frustration with humour</li><li>• Congruent audio-motor behaviours</li></ul>	<p style="text-align: center;"><b>Feedback</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Positive feedback</li><li>• Negative feedback/ Error acceptance</li><li>• Multisensory feedback</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b>Metacognition and self regulation</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Do you think it is good?</li></ul>	<p style="text-align: center;"><b>Motivation</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Intrinsic motivation</li><li>• Extrinsic motivation</li></ul>

# 1. Intérêt d'un raisonnement catégoriel

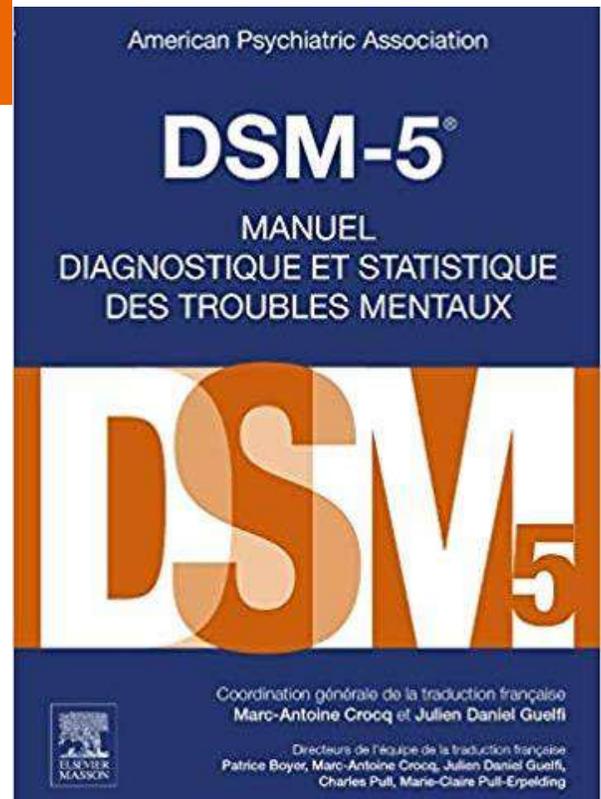
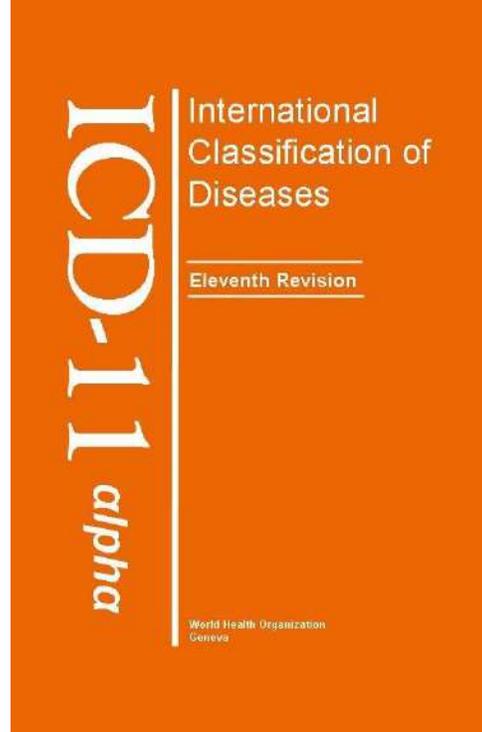
- Troubles complexes, la nosographie évolue
- Reflet des décisions médicales
- Permet d'allouer des ressources (décision de traitement médicamenteux ou pas, balance bénéfice risque d'un traitement médicamenteux, remboursement des aides)
- Aménagement ou pas de la scolarité

## Pour un même fdr

- Phénotype différent

Description **phénotypique** et **étiologique** quand connus car variabilité importante

- Signes
  - Symptômes
  - Syndromes
  - Troubles
- 
- Evaluation autres pathologies non psychiatriques qui expliquerait mieux ?
  - Retentissement fonctionnel ?

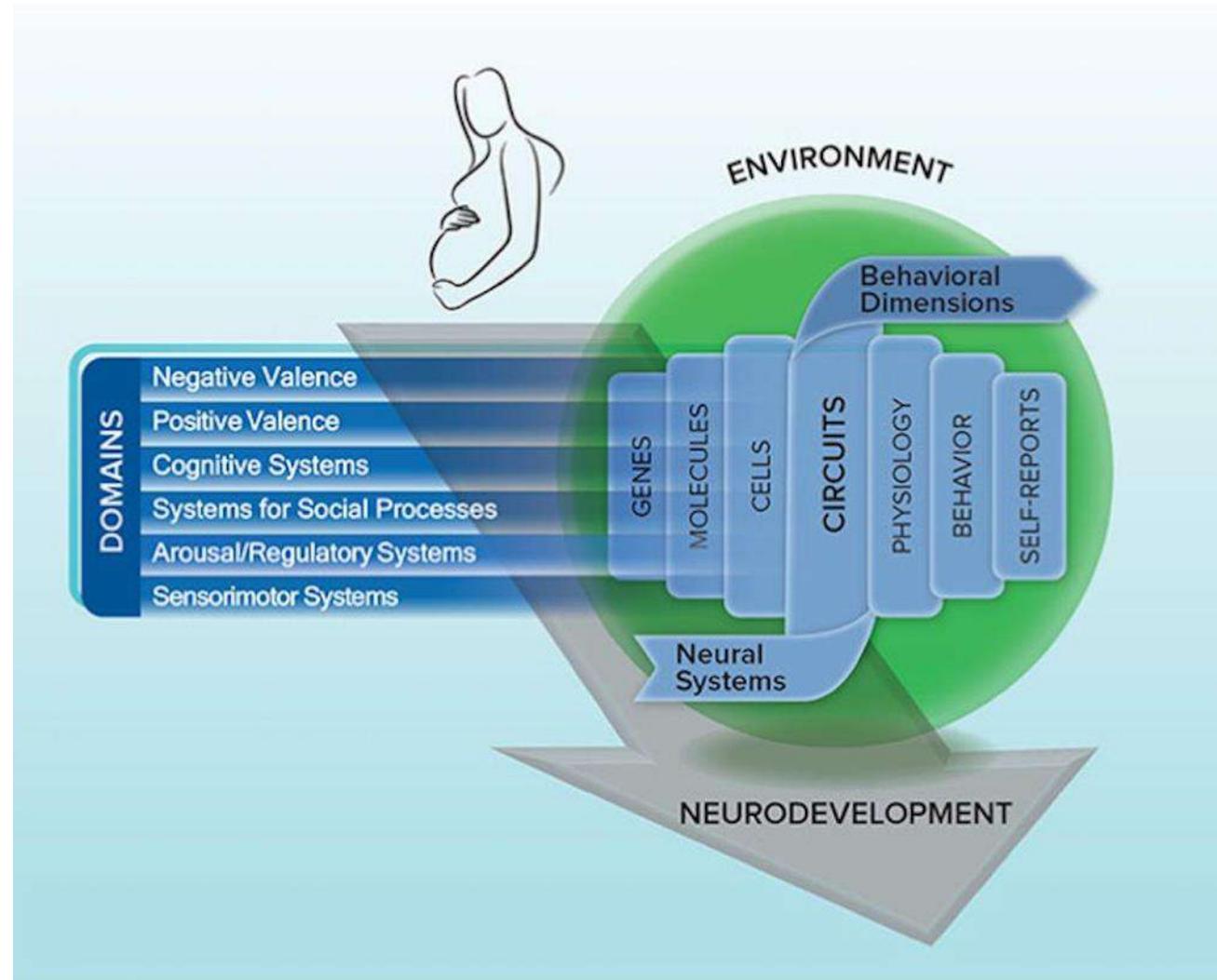


Mais un modèle medical soumis à rude épreuve...

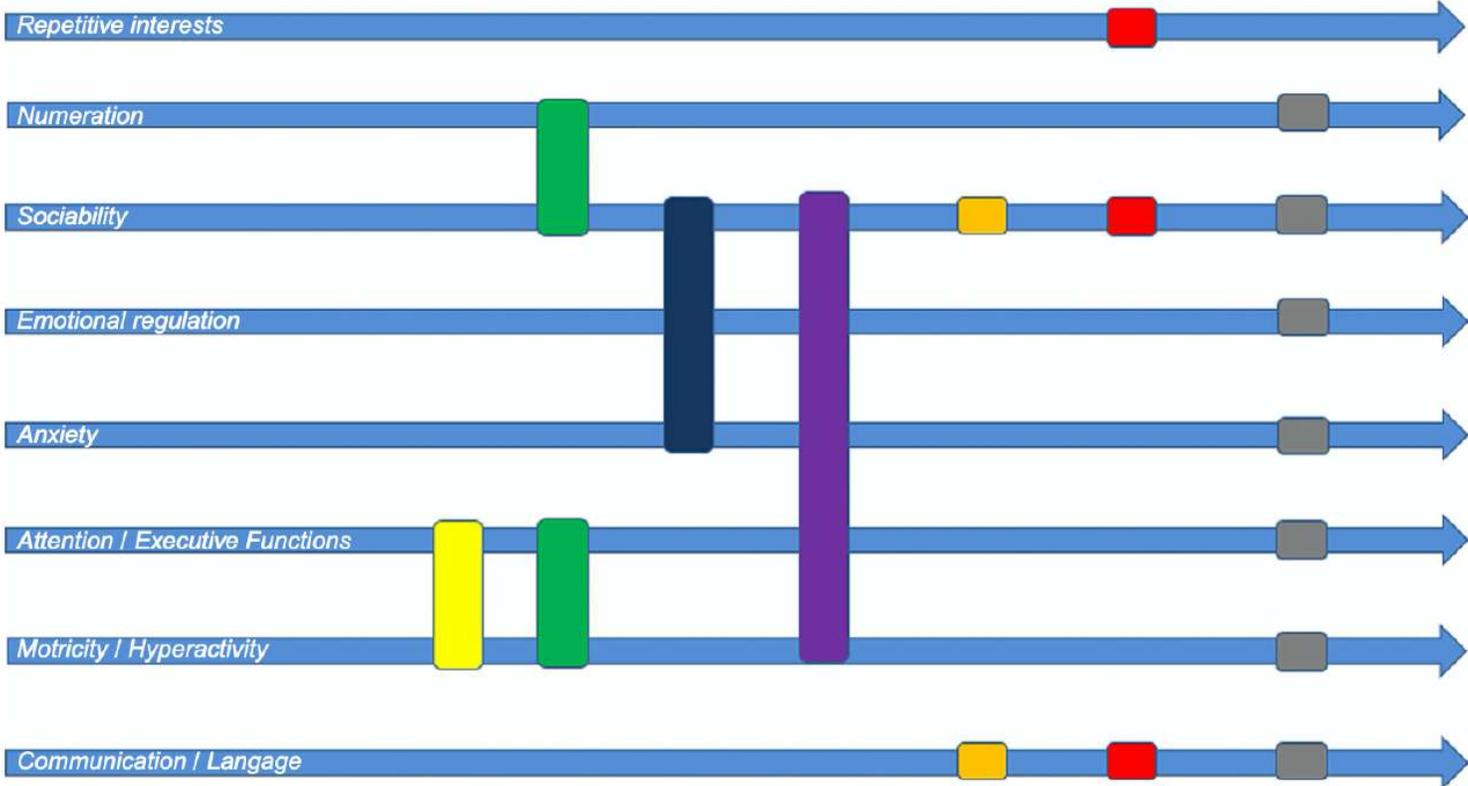
- Qui traiter, quand ? comment ? Que rééduquer, que compenser ?



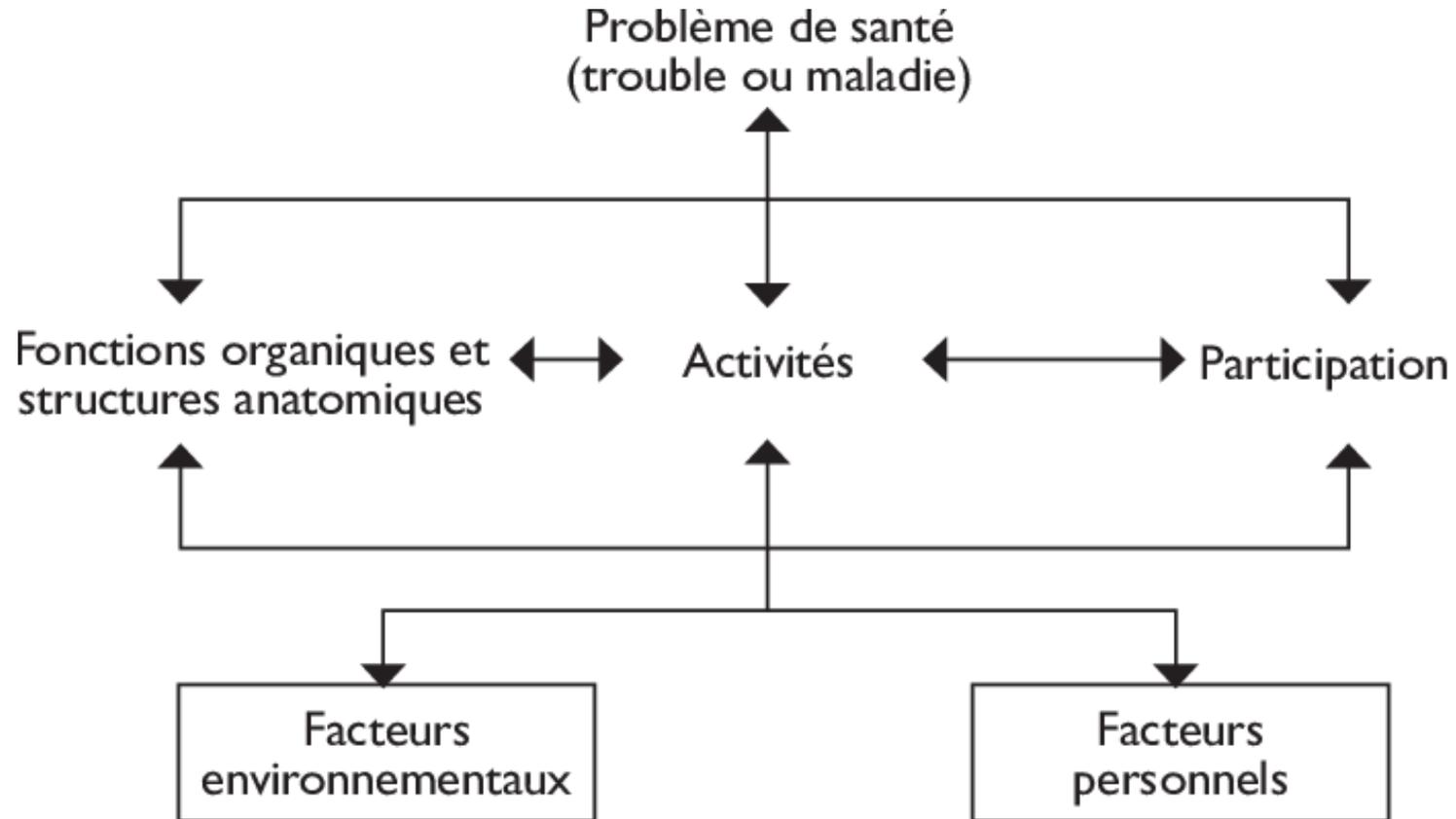
# RDoc



# NDD

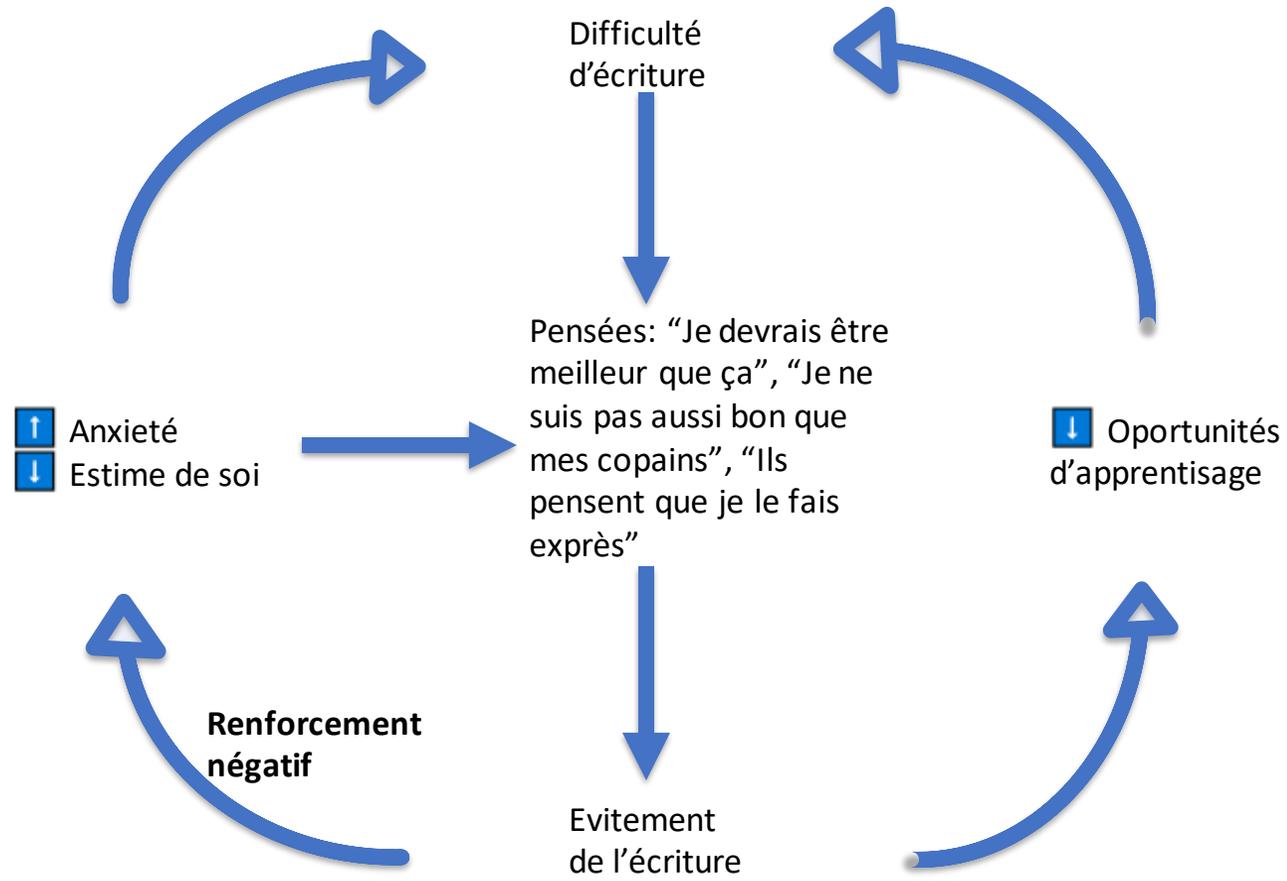


### 3. Approche Fonctionnement / Handicap



Classification internationale du fonctionnement, OMS, 2001

## 4. Approche interactionnelle : Analyse fonctionnelle en TCC

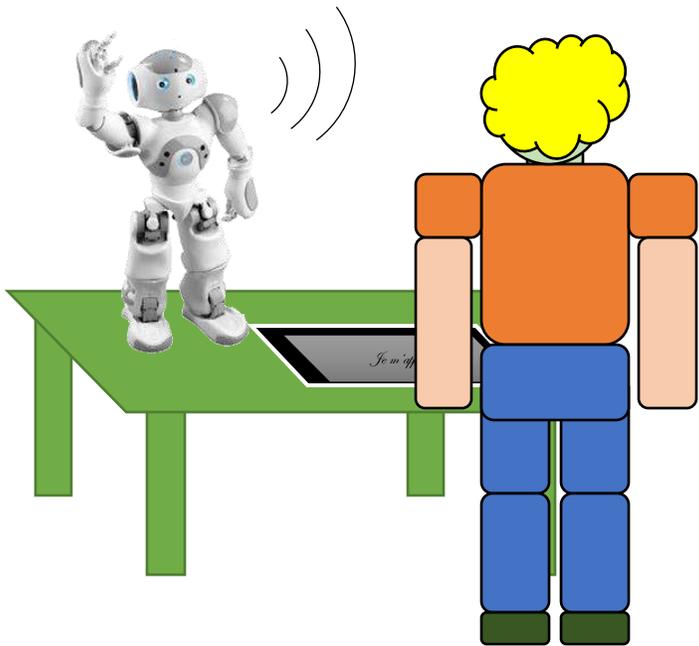


# Evaluating co-presence

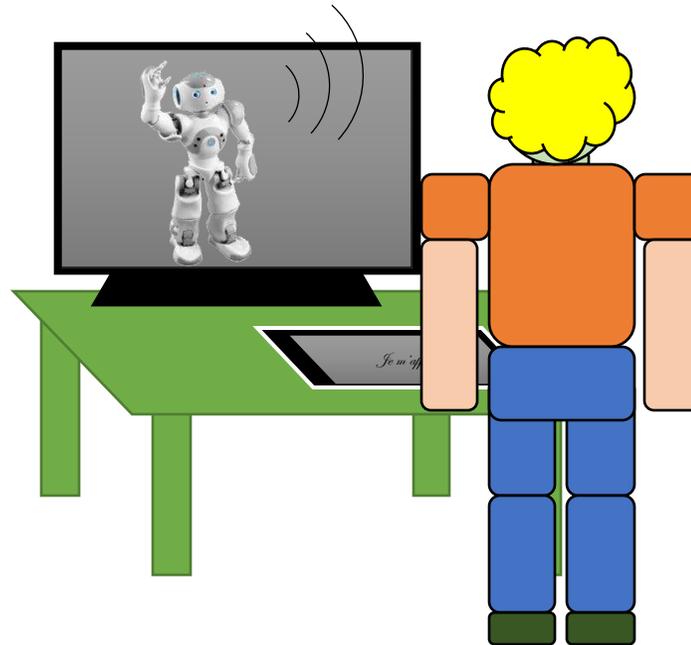
- Three test scenarios:

## Samples:

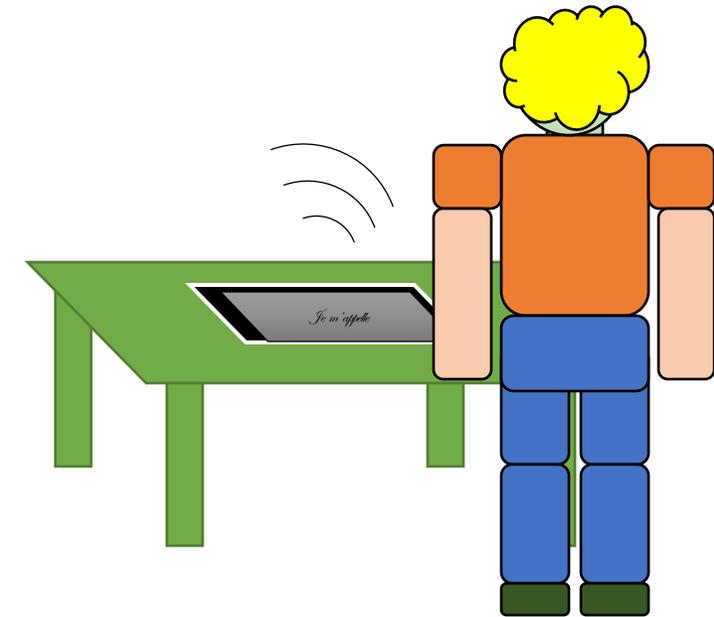
- ✓ N = 12 Adults
- ✓ 1 session
- ✓ Sex: 7m, 5f
- ✓ Age: 12-31 y.o. (23 y.o.  $\pm$ 2.75)
- ✓ 5 words for each participant



*Scenario A: Co-Writer Robot*



*Scenario B: Virtual Co-Writer*



*Scenario B: Vocal Guidance*

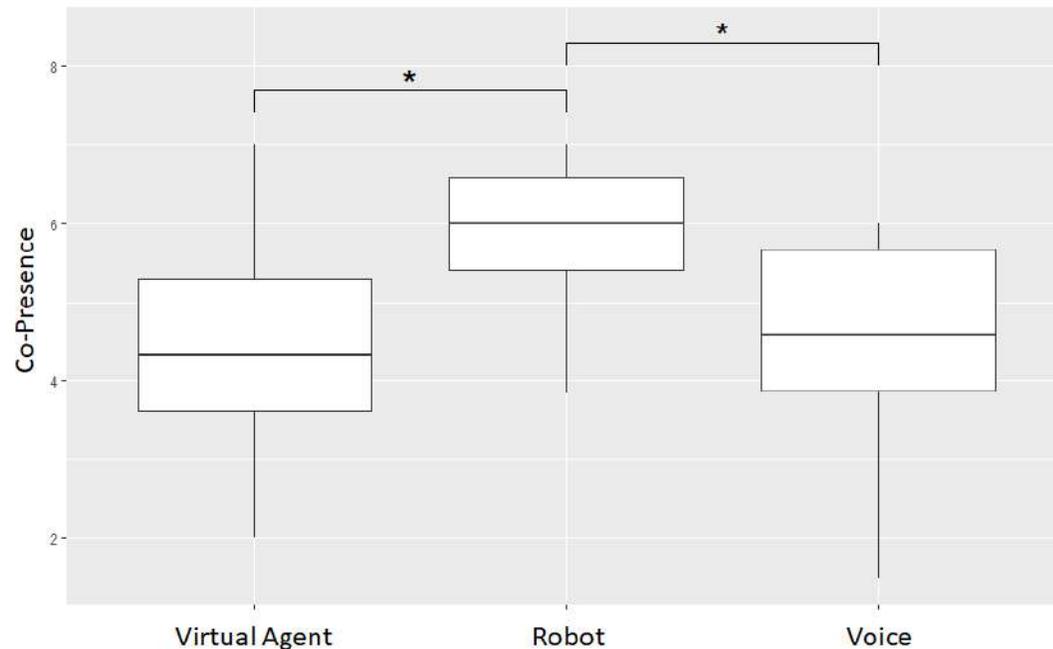
# Evaluating co-presence

- Questionnaire: ***Networked Minds Social Presence Inventory***
  - ✓ Measuring of the perceived social presence during an interaction
  - ✓ 6 questions, using Likert 1-7 scale
- Four dimensions:
  - **Co-Presence**: the user's awareness of the presence of the interaction partner;
  - **Attentional allocation**: the perceived attention received by the partner as well as the attention allocated towards the partner;
  - **Perceived message understanding**: the bidirectional communication understanding between the partners;
  - **Perceived behavioral interdependence**: the of the mutual behavioral connection between the partners.

# Evaluating co-presence: ANOVA results

## Co-Presence dimension

$F_{2,22} = 8.69; p = 0.002$



## Attentional Allocation

$F_{2,22} = 6.50; p = 0.006$



The s was not able to reveal any effect in the *Perceived message understanding* dimension ( $F_{2,22} = 1.16; p = 0.33$ ) as well as in the *Perceived behavioral interdependence* dimension ( $F_{2,22} = 1.56; p = 0.23$ ).

Automatic Speech Recognition  
and Natural Language Processing



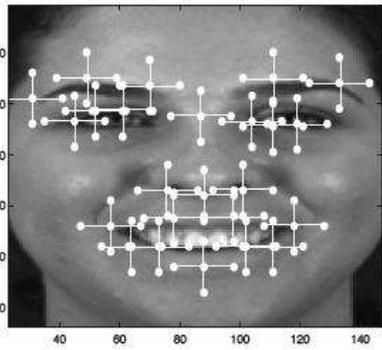
« Look at this box »

Action Recognition



Task Learning,  
Human Aware Planning,  
Decision

Affective  
Computing



Behaviour  
Synthesis

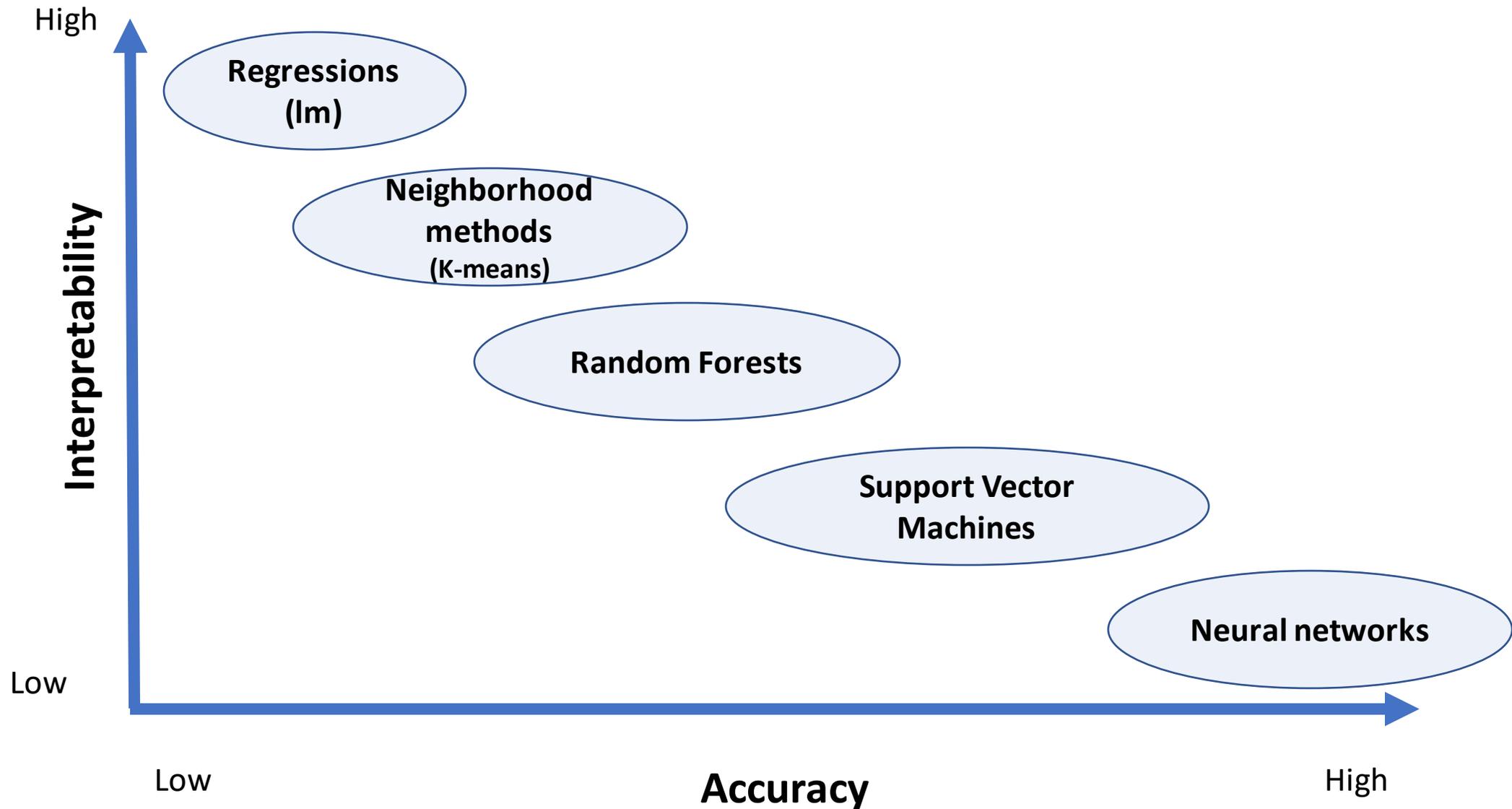
Objects  
Recognition

Social Signal Processing

*Endowing agents with social skills*

# Innovative assessment of motor disorders

## Classification algorithms



# Speech therapist session

ELLE  
ELLE +  
IL  
MARDI NETRÈS  
PETES  
TRÈS

28/11/2018 (M0)

Martine is the speech therapist

L'odeur des fleurs  
30/01/2019  
(ces lui à Fellant).  
en ~~ette~~  
LUNETTE  
acte  
ète  
une galette À la <sup>cre</sup> cravette  
mardi 30 Janvier 2019  
une <sup>A la</sup> ~~lette~~ À la cravette  
g ~~ette~~ ~~ette~~

30/01/2019 (M+3)

ils font ils ont  
encore  
ils font entre  
après infam  
pres  $\begin{matrix} \leq \\ 450 \\ 55 \end{matrix}$  infim  
entre  
très  
ils ils sont  
ils sont  
510/nd  
& letter

5/04/2019 (M+6)



**occitadys**  
ACCOMPAGNER, FORMER, PRENDRE SOIN



TITRE







**TITRE**

Ilendaecti conse volut et et  
lam que lanis eatur ?



**TITRE**

Ilendaecti conse volut et et  
lam que lanis eatur ?



**TITRE**

Ilendaecti conse volut et et  
lam que lanis eatur ?

**Texte et  
contenu**



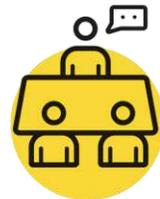
### Titre

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Maecenas porttitor congue massa. Fusce posuere, magna sed pulvinar ultricies, purus lectus malesuada libero, sit amet commodo magna eros quis urna.



### Titre

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Maecenas porttitor congue massa. Fusce posuere, magna sed pulvinar ultricies, purus lectus malesuada libero, sit amet commodo magna eros quis urna.



### Titre

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Maecenas porttitor congue massa. Fusce posuere, magna sed pulvinar ultricies, purus lectus malesuada libero, sit amet commodo magna eros quis urna.



### Ici le titre du paragraphe

Optae con es eriam assimus dolupiet, testios tiumqui vollorpos re inum soluptat et doluptatibus doluptur? Qui que preperspella quianditi res eos alitiis quo cumquae dere, cum a ipit volupta spelesedis net ut endaeris veribearum aut utoesto ilicias velitat molesto officim usdae. Mos dem fuga. Nam, as ut lit et eum ipsamendae. Alitemp oruptasitio cus sapiend aesequi tenia ex esto quiberibus estem faceremqui derum fugias dolupta taeribus quam, utem re con pore la et asitat.

Dus et as dest as dolecte eatiate int alit ex eiusaep eliasintur re alis maximus ma nobiti omnim cum nonsequ aspero et et venimus aectatur, od qui sinum sequibus et et eos enia earumque nobit dolest, si bla se natam de voloremnam rector?



**Lorem ipsum**  
dolor sit amet.



**Lorem ipsum**  
dolor sit amet.



**Lorem ipsum**  
dolor sit amet.

**Texte et  
contenu**



**TITRE**  
Sous-titre+  
texte possible



**TITRE**  
Sous-titre+  
texte possible

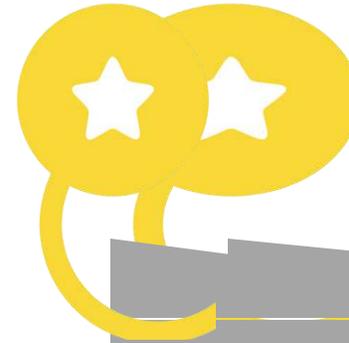


**TITRE**  
Sous-titre+  
texte possible

### Ici le titre du paragraphe

Optae con es eriam assimus dolupiet, testios tiumqui vollorpos re inum soluptat et doluptatibus doluptur? Qui que preperspella quianditi res eos alitiis quo cumquae dere, cum a ipit volupta spelesedis net ut endaeis veribearum aut utesto ilicias ve

**Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Maecenas porttitor congue massa. Fusce posuere, magna sed pulvinar ultricies, purus lectus malesuada.**



#### ICI UN TITRE POSSIBLE

Giant aut laccatem dolupta temolesti ut ma dolorere in et el inverios arcimil loriatur, quam

#### ICI UN TITRE POSSIBLE

Giant aut laccatem dolupta temolesti ut ma dolorere in et el inverios arcimil loriatur, quam

















