

Informatique et robotique, nouveaux outils de la psychologie de l'enfant?

David COHEN & Mohamed CHETOUANI

Service de Psychiatrie de l'Enfant et de l'Adolescent
GH Pitié-Salpêtrière

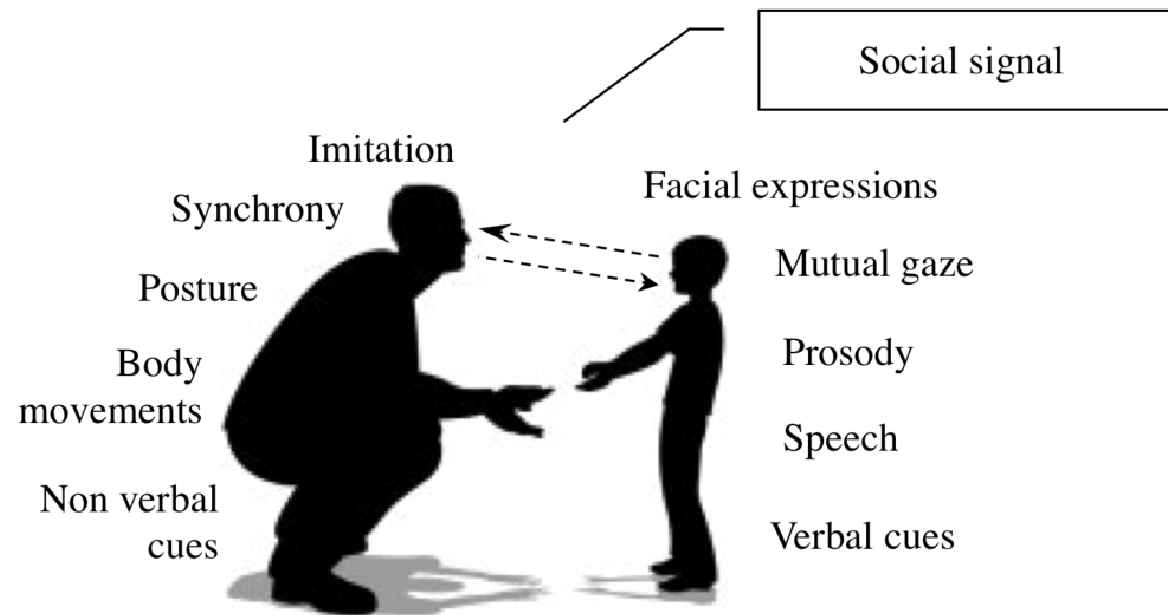
Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR)
Sorbonne Université



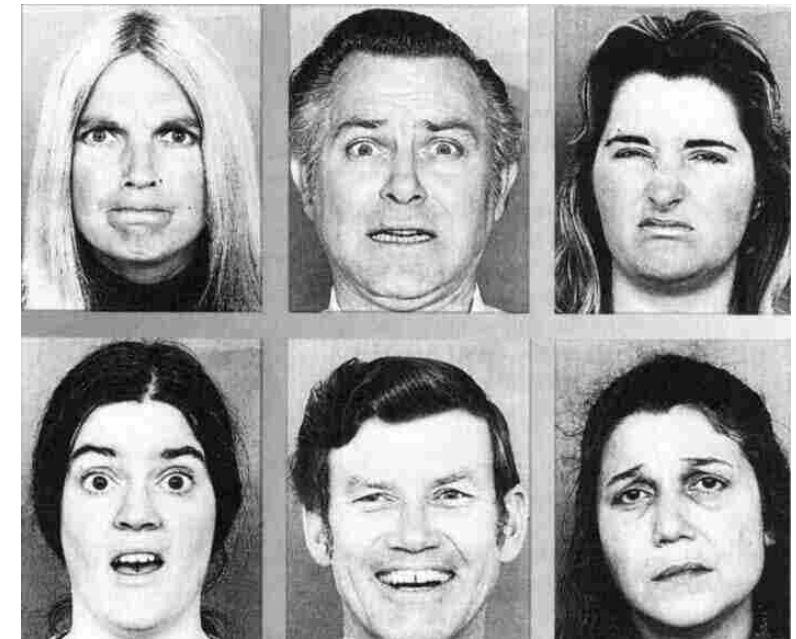
Depuis 80 ans, nos connaissances
bâtissent de nouveaux mondes



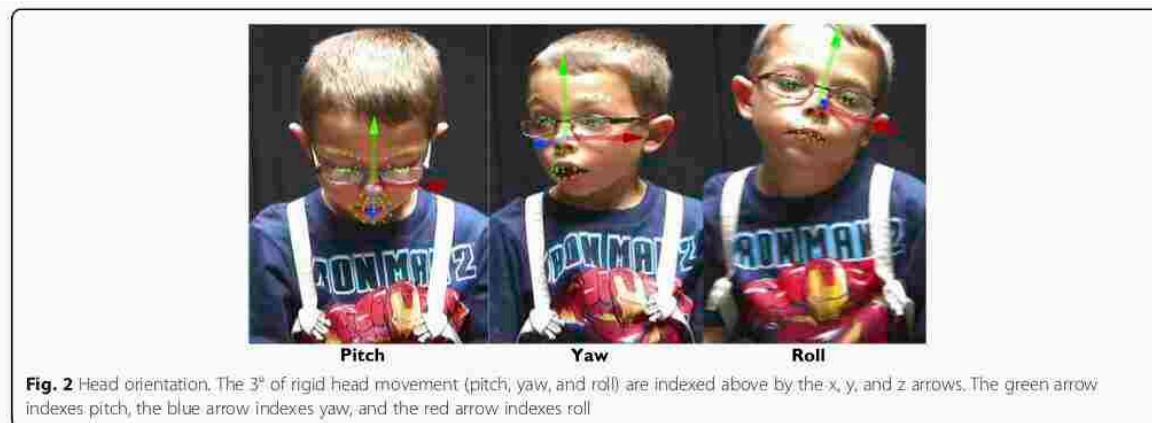
Psychologie, Psychiatrie & Informatique et Robotique



Emotions, expressions faciales



Agents virtuels pour les entretiens psychologiques (Lucas et al. Front. Robot. 2017)



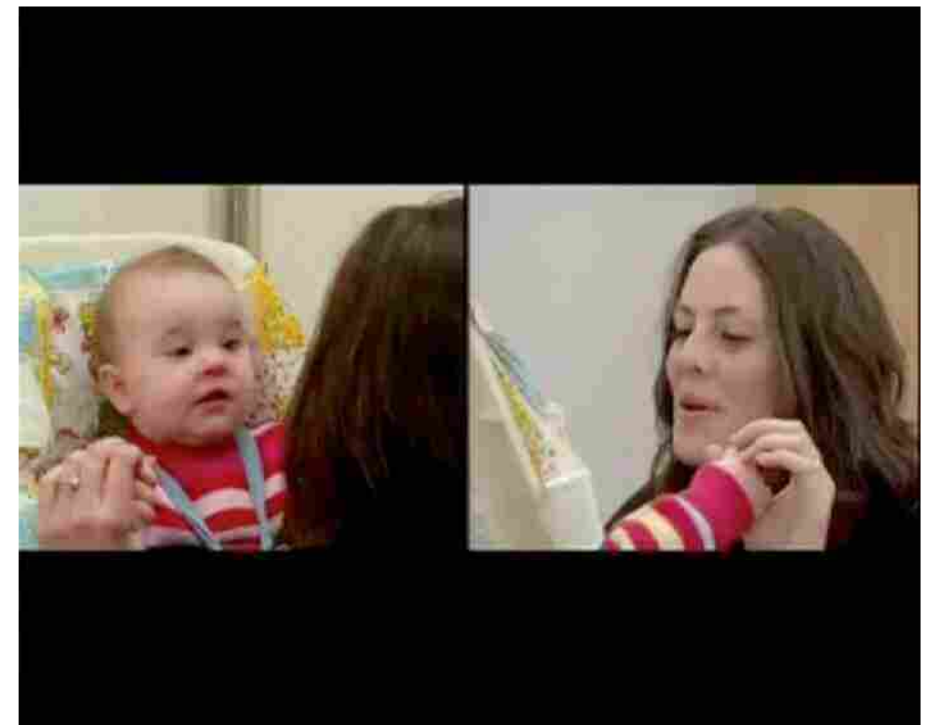
Mouvement de tête (Martin et al. Molecular Autism 2018)

Psychologie, Psychiatrie & Informatique et Robotique

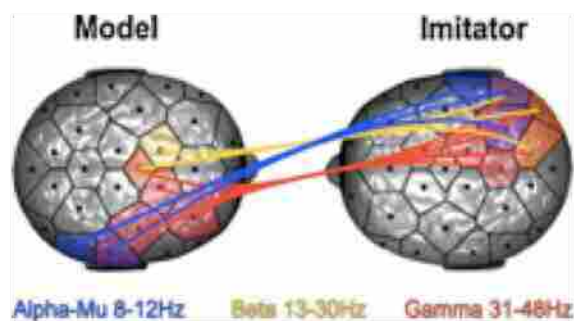
Dynamique de l'interaction sociale:

- Dyade, groupe
- Synchronie, Imitation, Tour de parole, attention conjointe
- Comportements en interaction
- Robotique sociale

Still face experiments

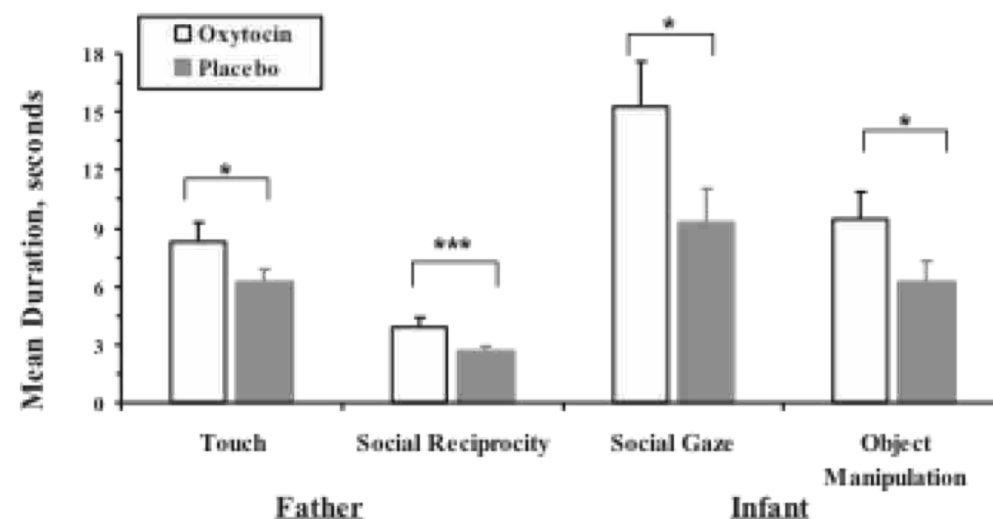


Cerebral basis



Dumas et al., 2011

Physiology



Weisman et al., 2012

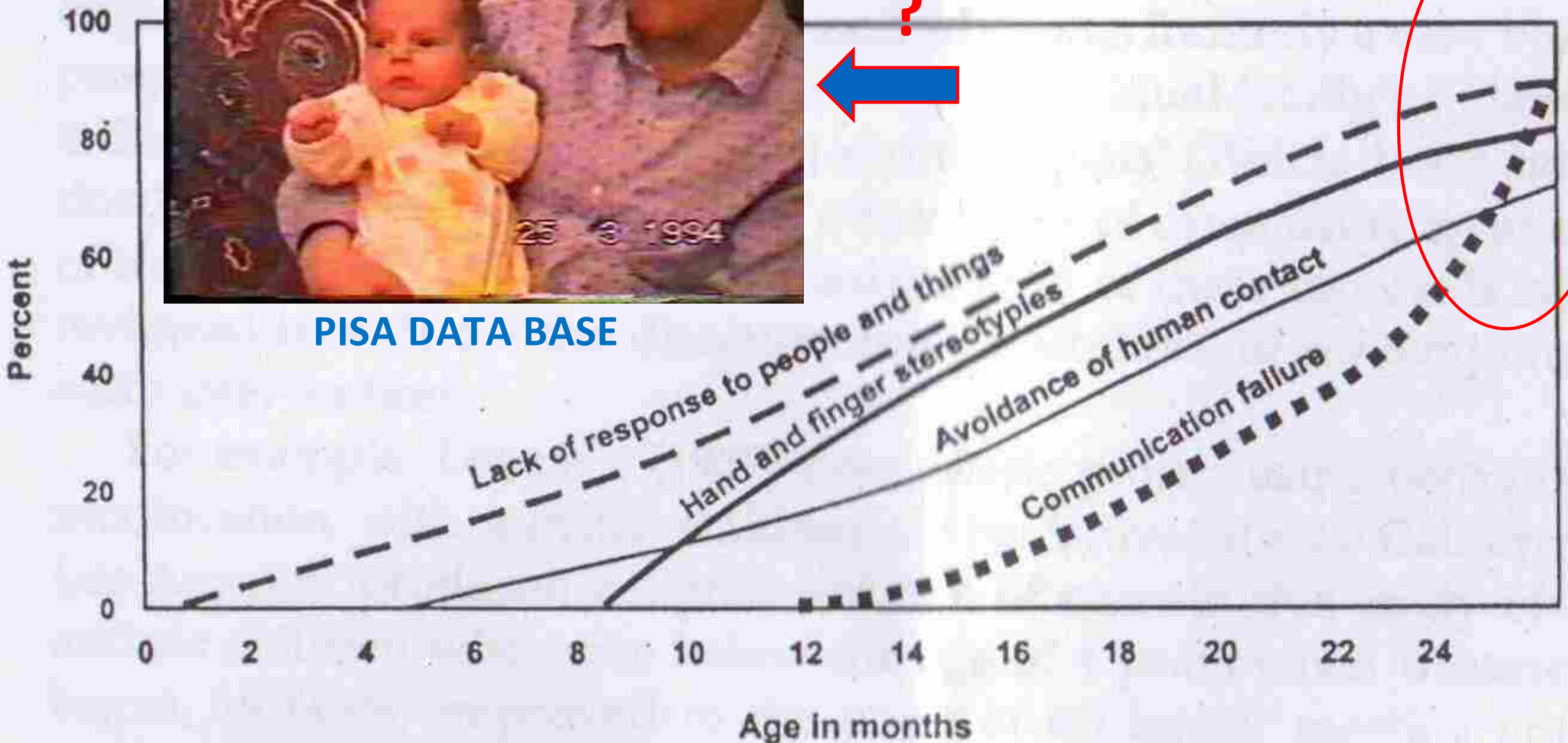
Plan

- **TIC et IA pour explorer la psychopathologie**
 - Autisme et films familiaux
 - Dynamique motrice et ocytocine
- **Imagerie comportementale et imagerie de l'interaction**
 - Stress ressenti vs. Stress hétéro-perçu
 - Cas de la négligence maternelle précoce
- **Robotique développementale**
- **Applications thérapeutiques**
 - Les jeux sérieux
 - Le robot compagnon intelligent

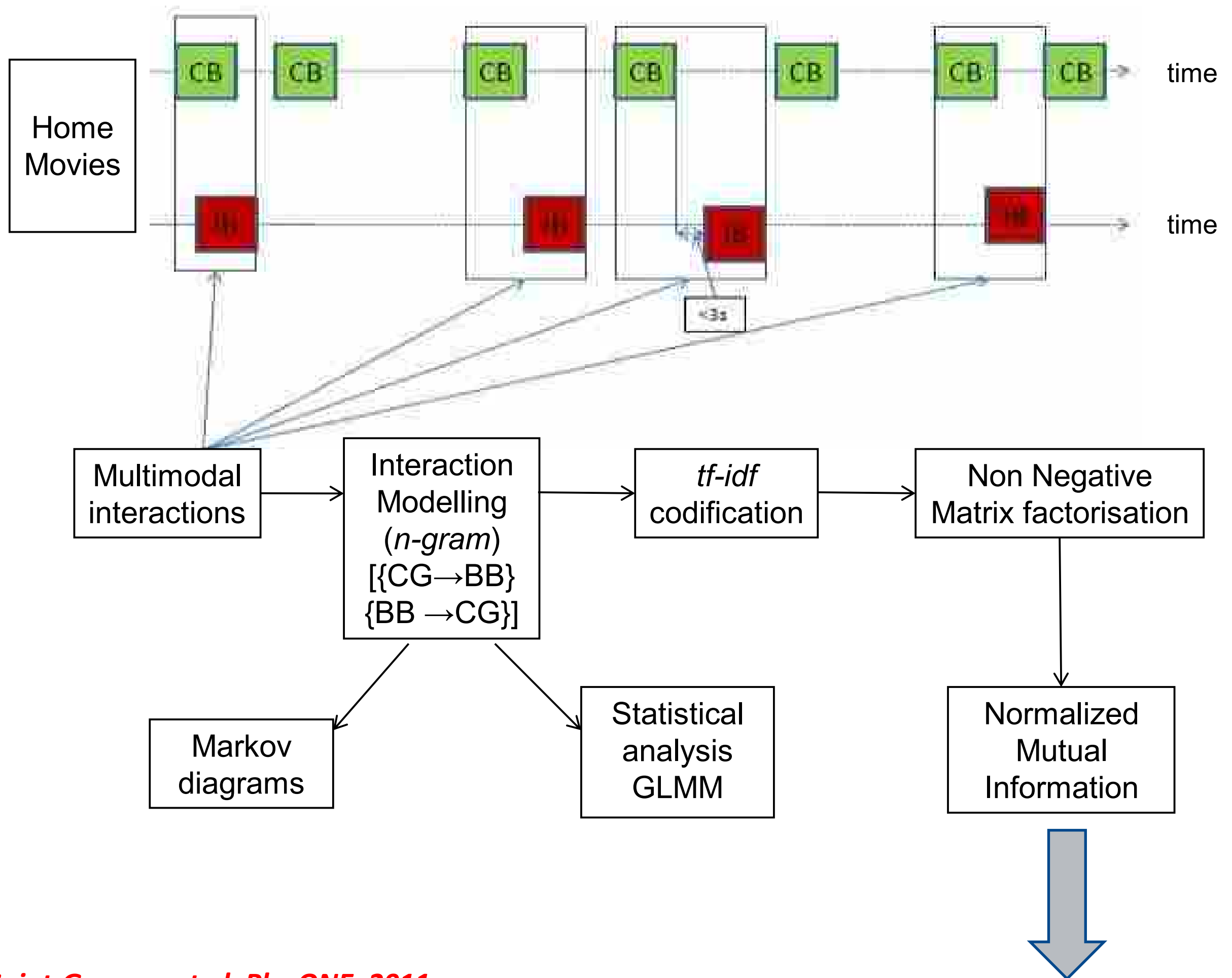
Etude des interactions chez des bébés qui vont développer un autisme



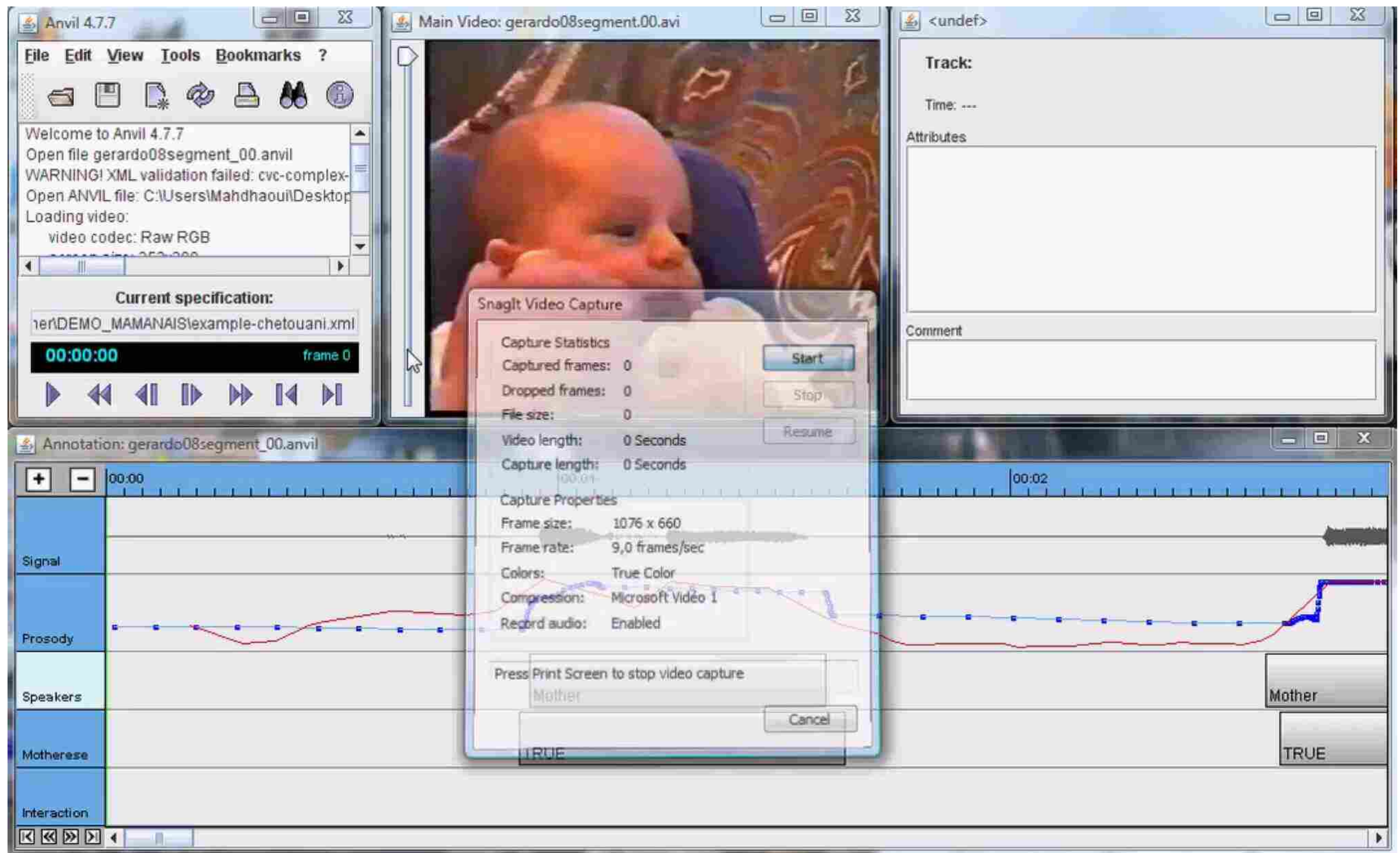
PISA DATA BASE



**Diagnostic > 24
mois**



Classificateur automatique de mammanais



“
**Intersubjective
responses and
seeking people**

↘ **Intersubjective
behavior**

↘ **Orienting
toward people**

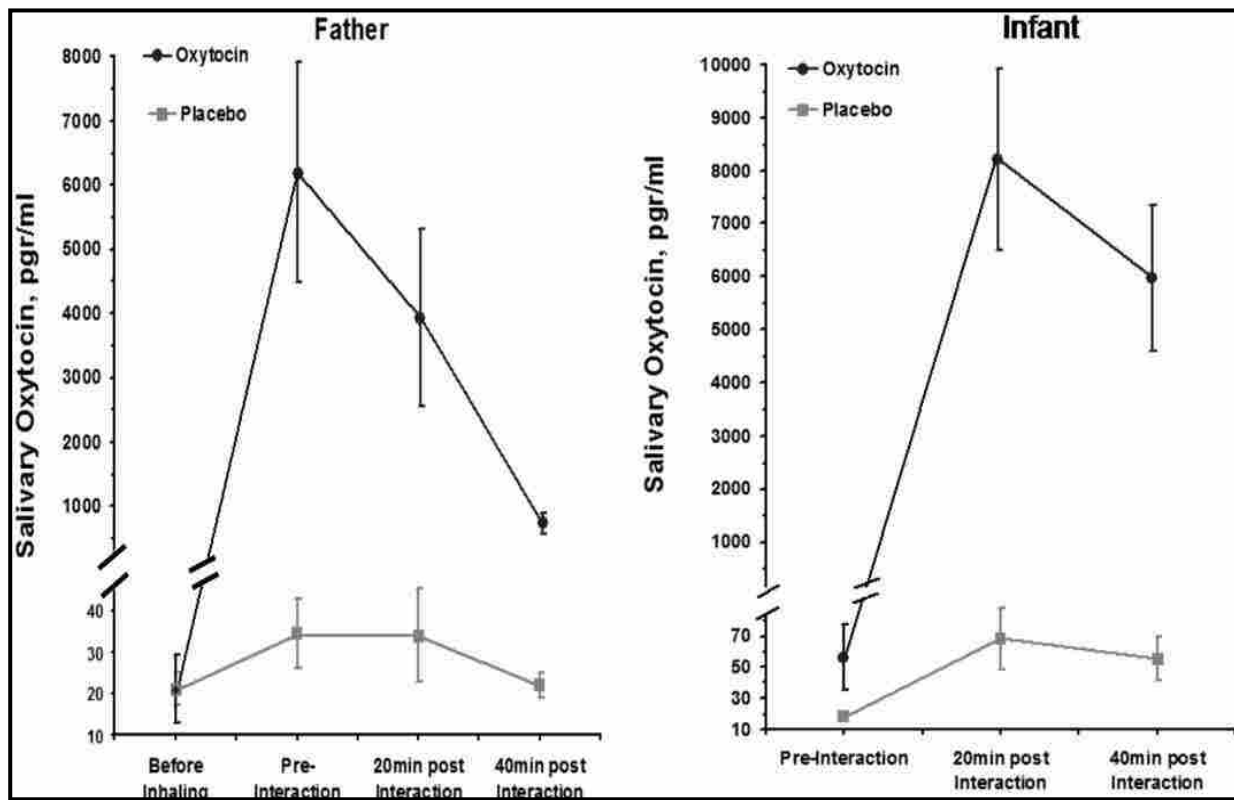
RECIPROCITY

**Father's
commitment
facilitates social
interaction at S3**

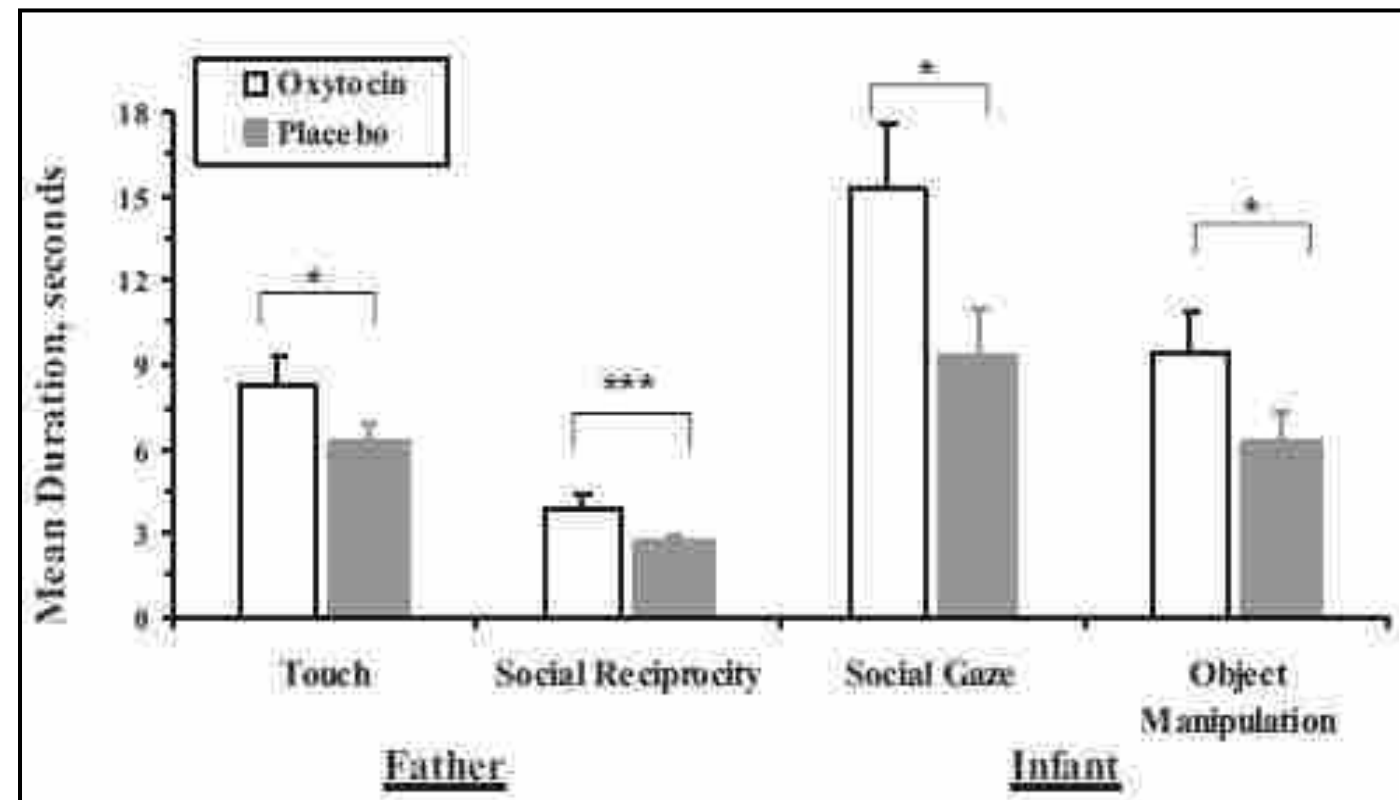
Plan

- **TIC et IA pour explorer la psychopathologie**
 - Autisme et films familiaux
 - Dynamique motrice et ocytocine
- **Imagerie comportementale et imagerie de l'interaction**
 - Stress ressenti vs. Stress hétéro-perçu
 - Cas de la négligence maternelle précoce
- **Robotique développementale**
- **Applications thérapeutiques**
 - Les jeux sérieux

L'administration d'ocytocine chez le père améliore la qualité de l'interaction précoce et l'engagement social



L' inhalation d'ocytocine par le père augmente les taux d'ocytocine chez le bébé



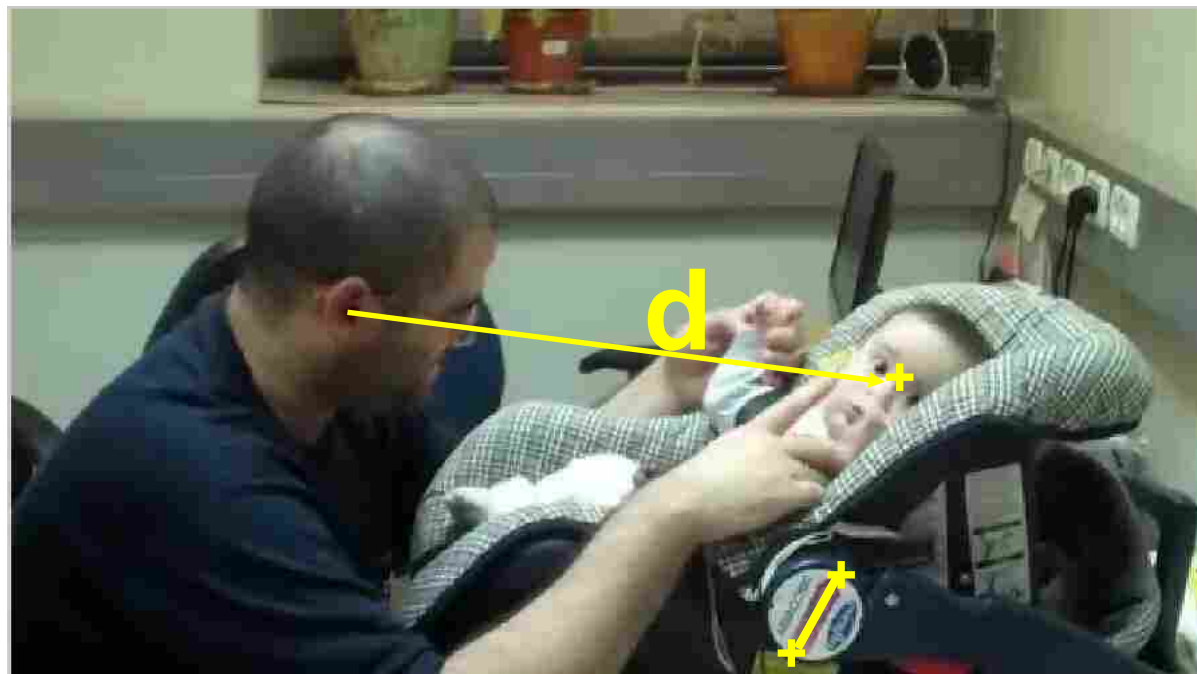
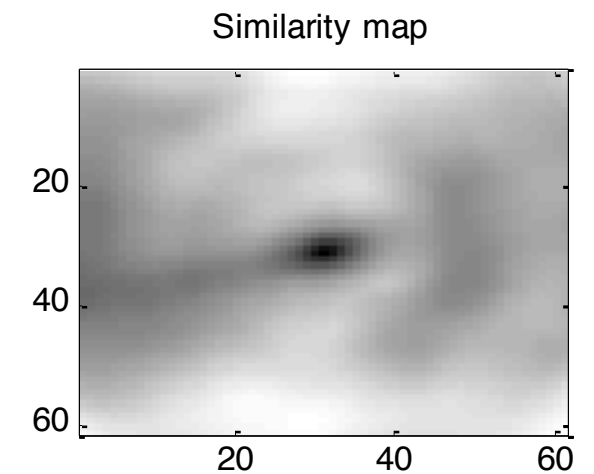
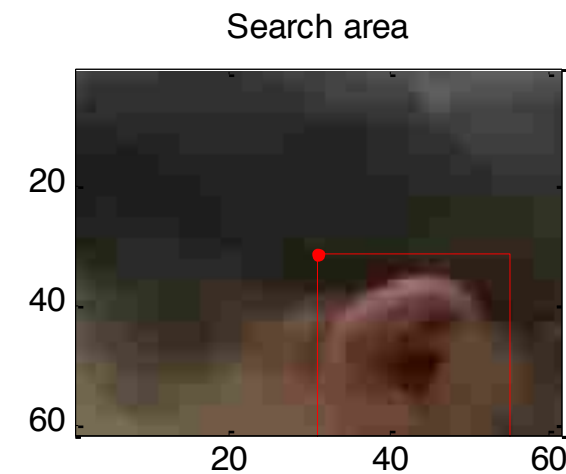
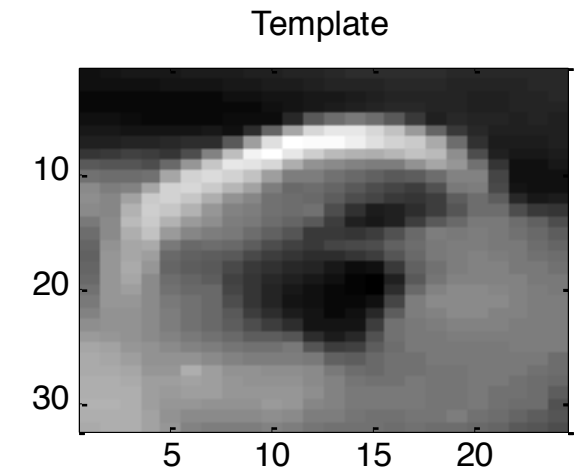
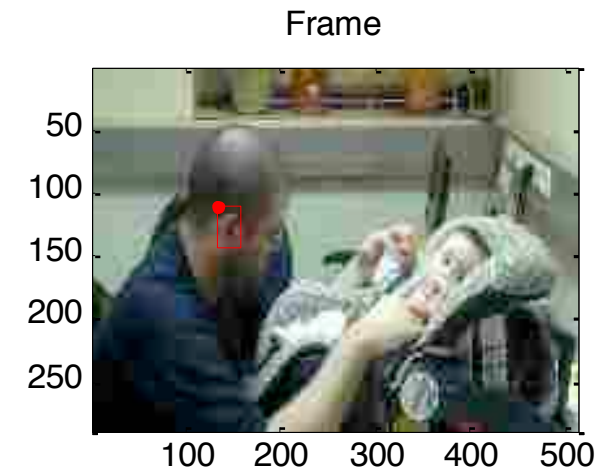
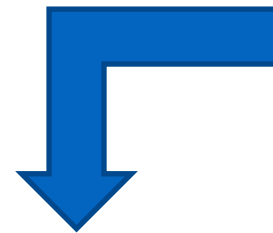
L'engagement social des pères et bébés est augmenté sous ocytocine vs placebo

Comment survient le transfert d'information ?

Etude des vocalisations et des tours de parole

Etude de la proxémie

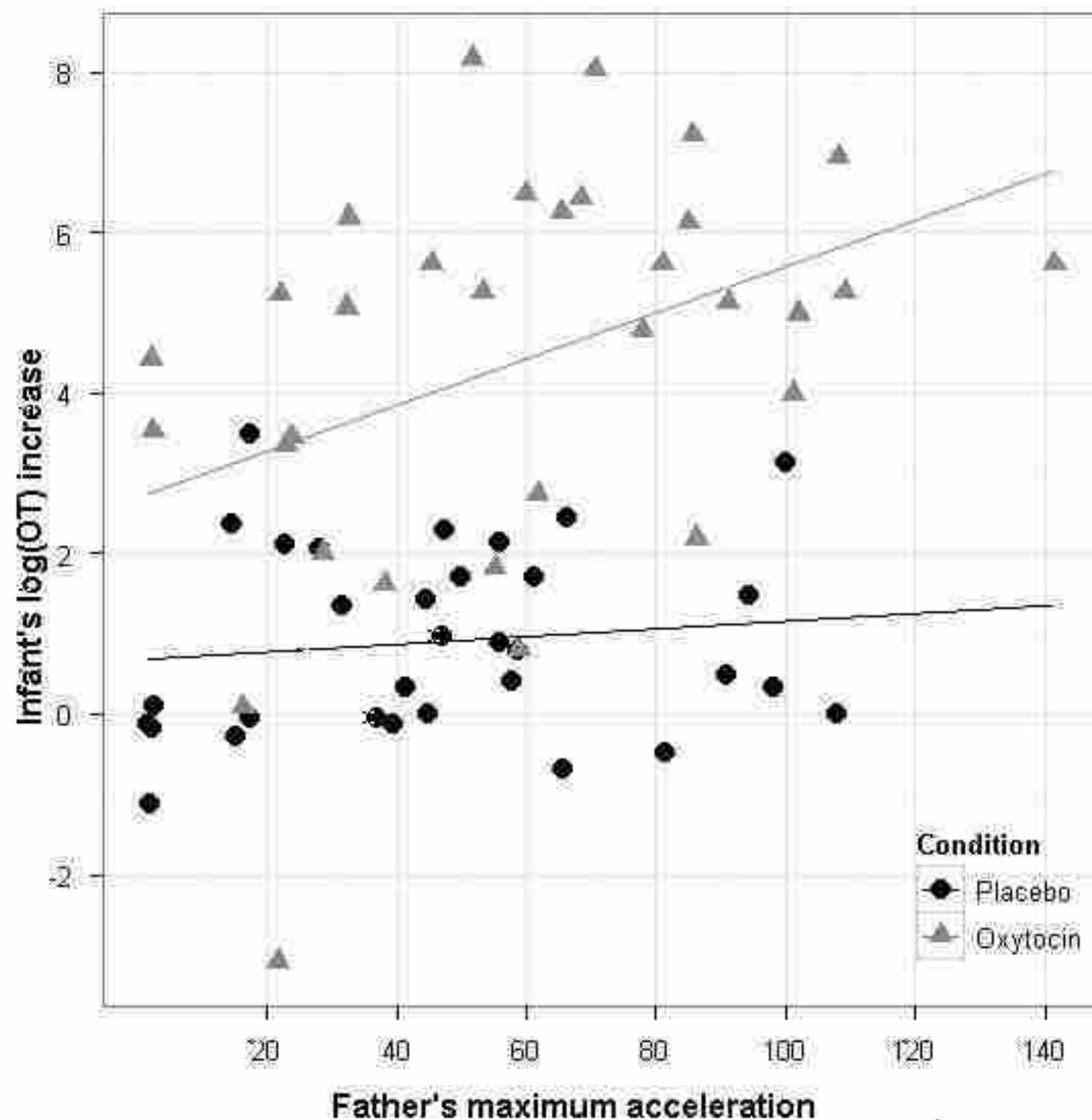
Etudes de la proxémie entre père et bébé



Normalisation of d

Parameters: d , speed, acceleration

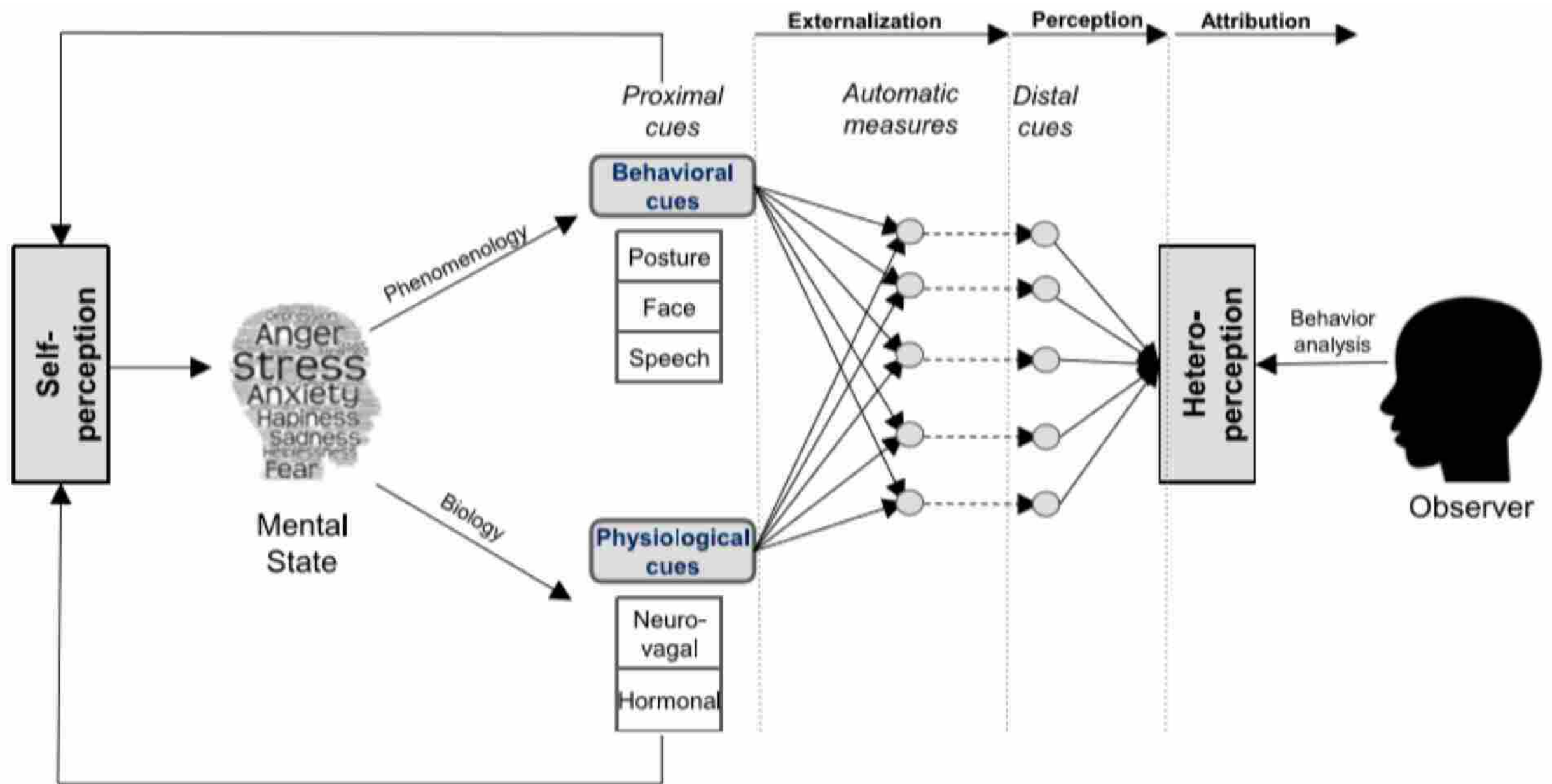
L' accélération de la tête du père est fortement corrélée à l' augmentation d' oxytocine chez le bébé



Plan

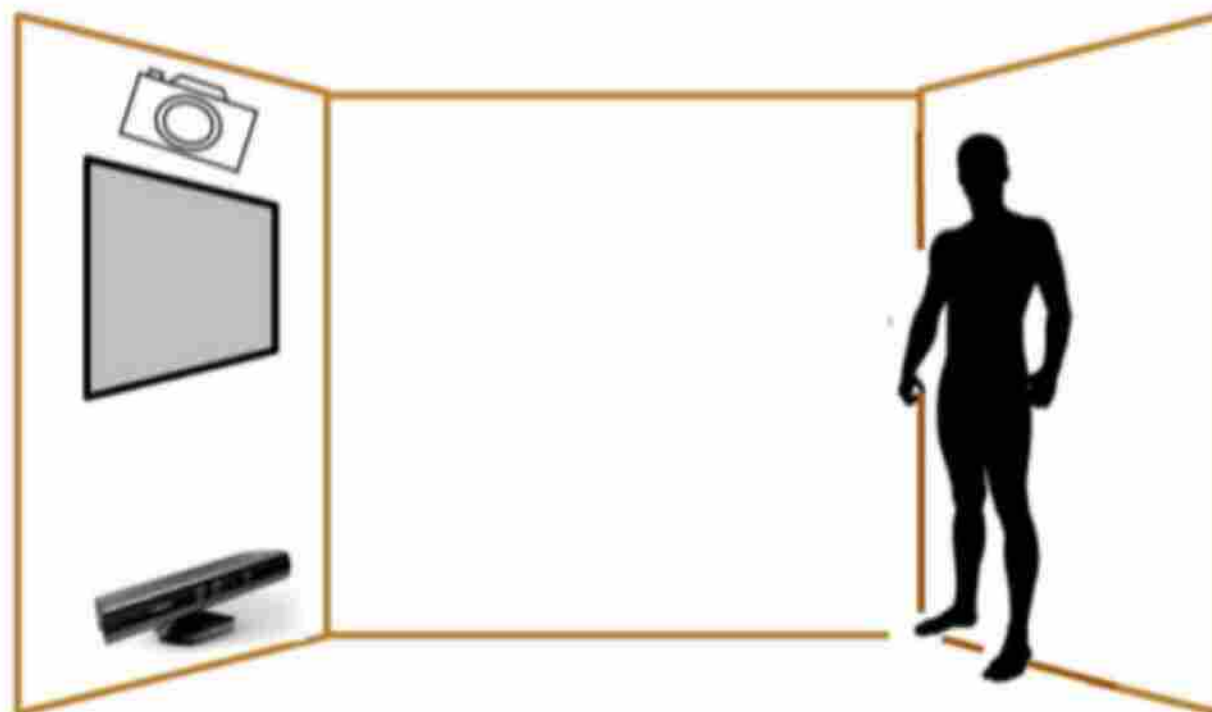
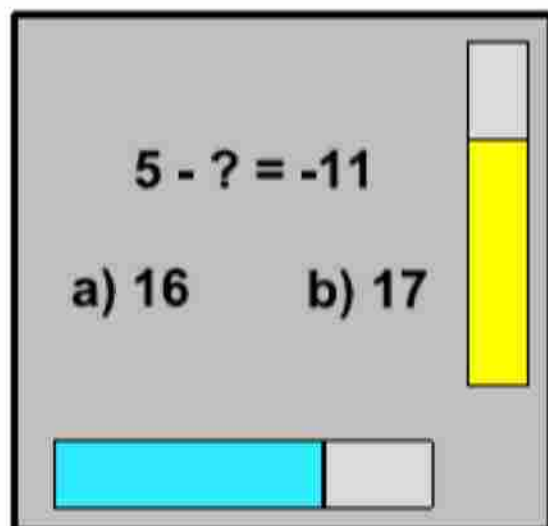
- **TIC et IA pour explorer la psychopathologie**
 - Autisme et films familiaux
 - Dynamique motrice et ocytocine
- **Imagerie comportementale et imagerie de l'interaction**
 - Stress ressenti vs. Stress hétéro-perçu
 - Cas de la négligence maternelle précoce
- **Robotique développementale**
- **Applications thérapeutiques**
 - Les jeux sérieux

Stress, physiologie et comportements moteurs

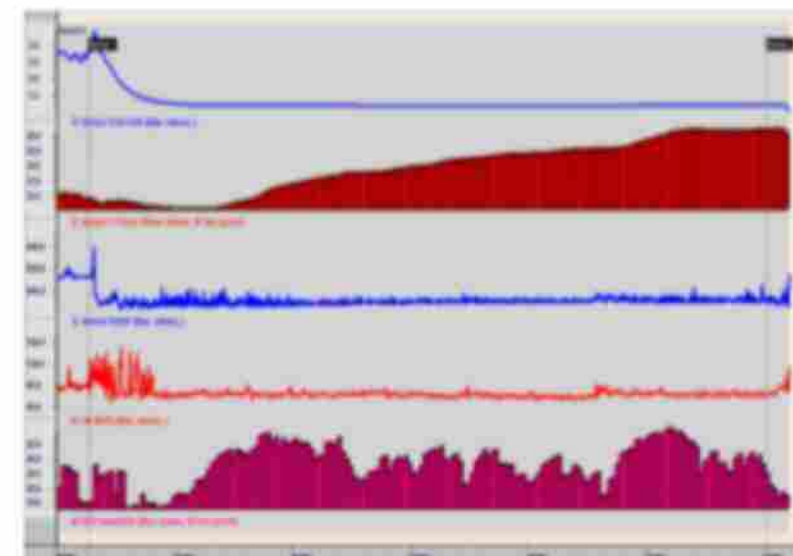


Stress, physiologie et comportements moteurs

Mathematical testing



Physiological recording
(electrodermal activity, temperature, respiratory frequency, heart pulse)



Skeleton recording 2D recording 3D recording

Action units



Posture change



Self touching



Stress, physiologie et comportements moteurs

B
e
h
a
v
i
o
r
a
l

12 Action Units (AU) such as AU1=inner brow raiser; AU6=cheek raiser; AU25=lips part

7 Quantity of Movement features from both RGB and skeleton joints for all body as well as head and hands

8 Specific features from automatic detection of periods of high body activity, posture changes and self-touching

P
h
y
s
i
o
l
o
g
i
c
a
l

4 Electromyographic (EMG) Activity features such as EMG activity of the sternocleidomastoid and upper trapezius

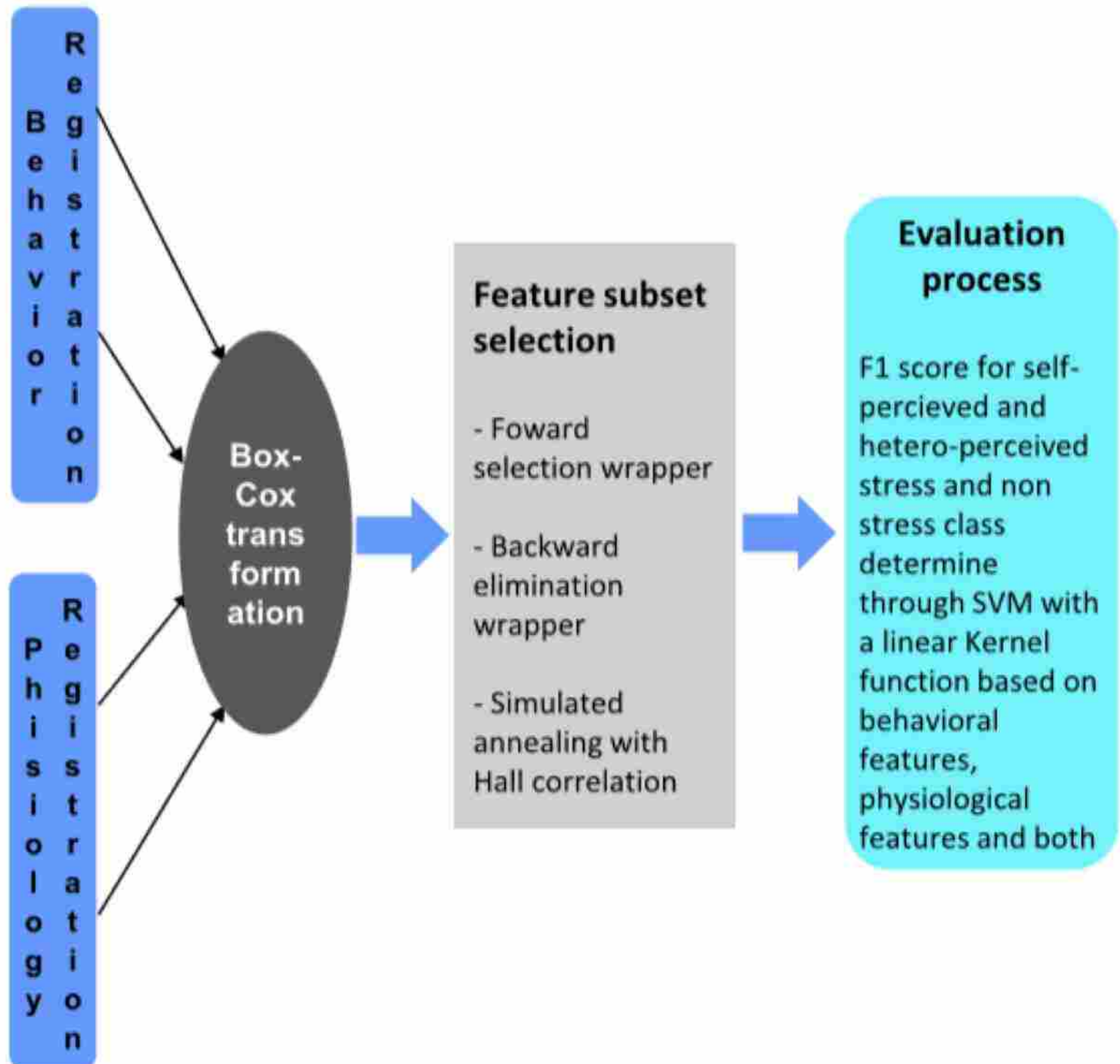
2 Blood Volume Pulse features

2 Skin features such as electrodermal activity, temperature

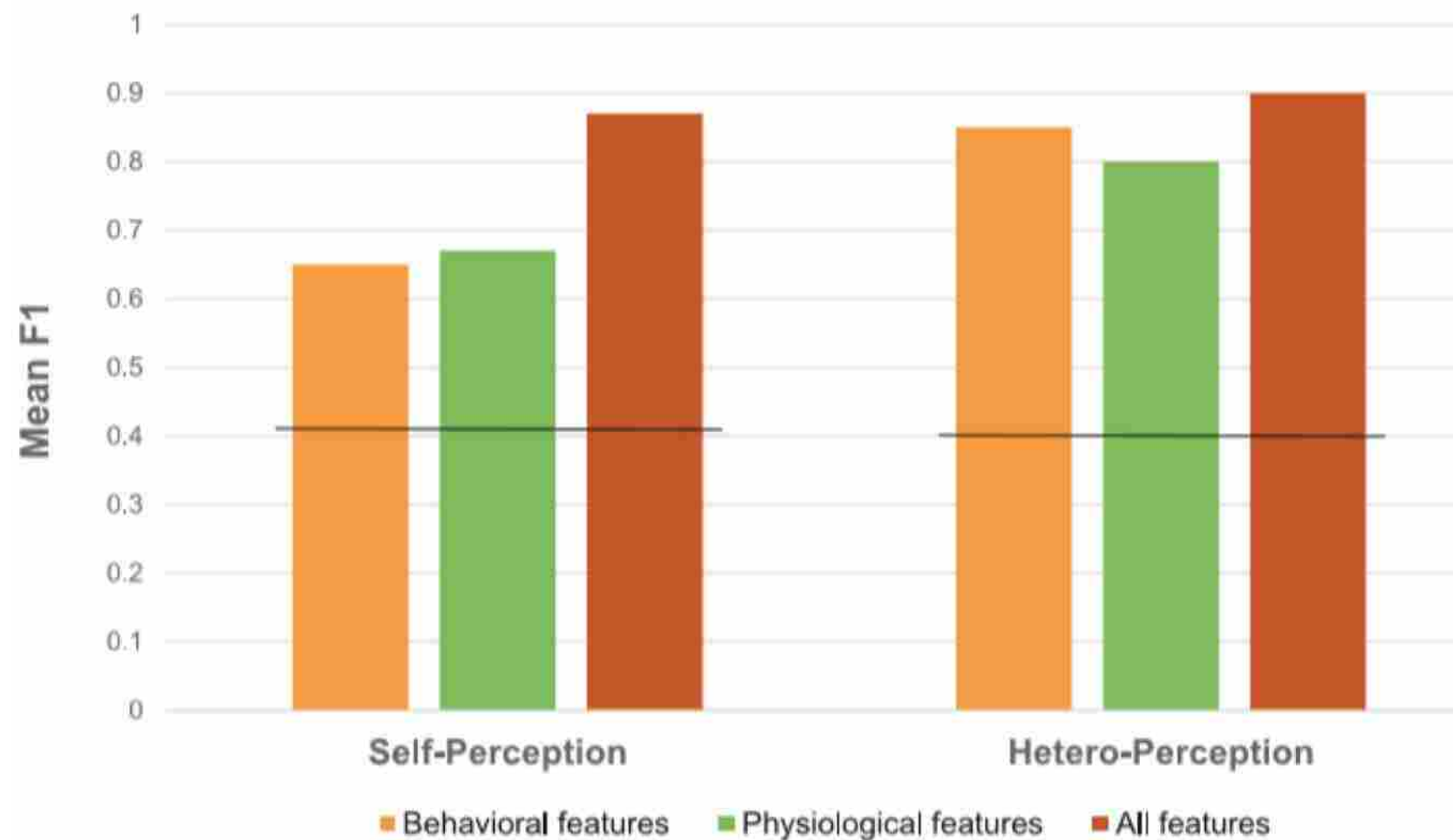
5 Heart Rate (HR) features such as HR variability amplitude

3 Respiratory System Parameters such as rate and amplitude

Coherence Respiration x HR



Stress, physiologie et comportements moteurs

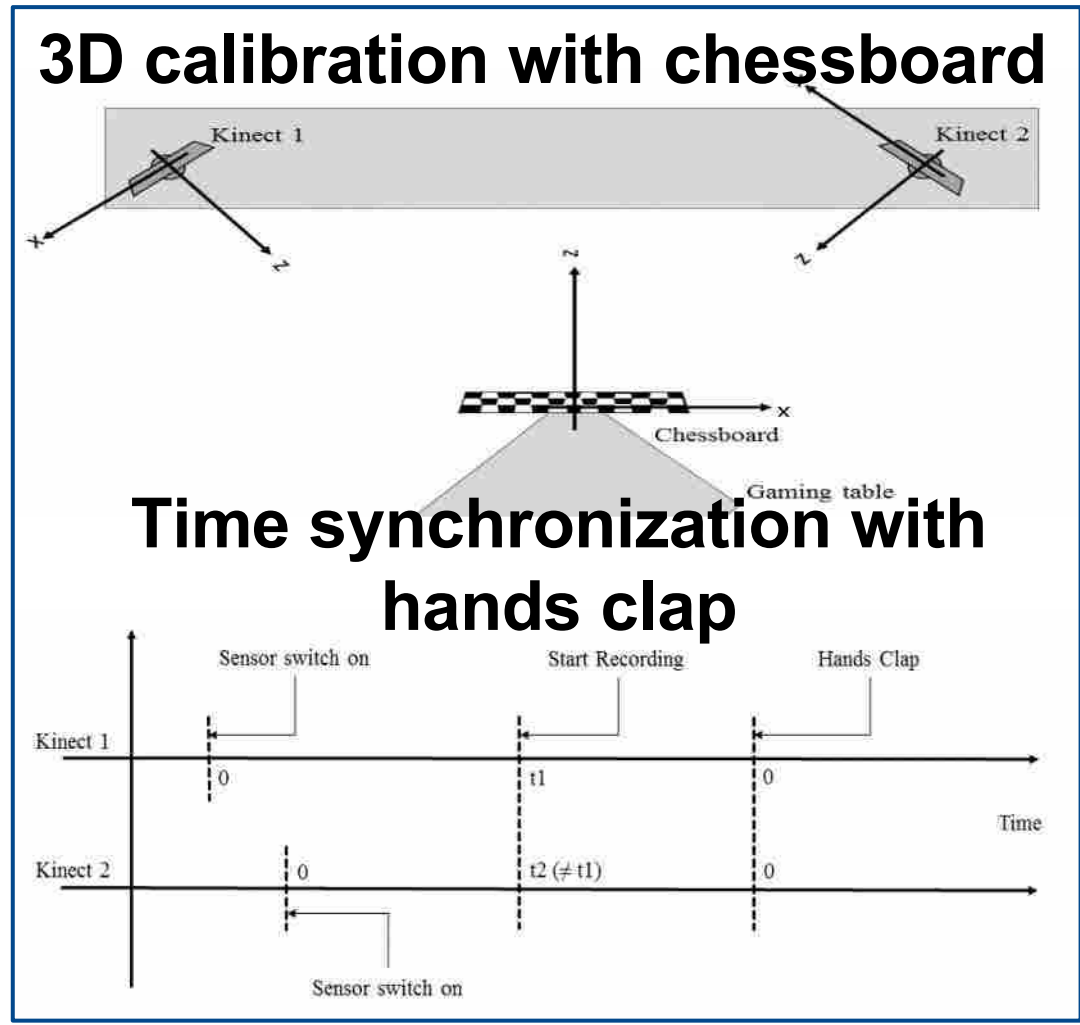
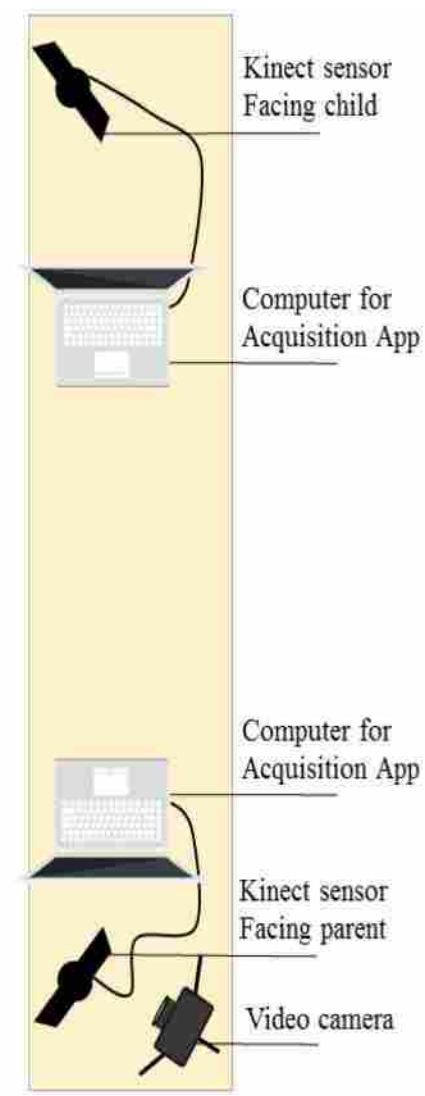
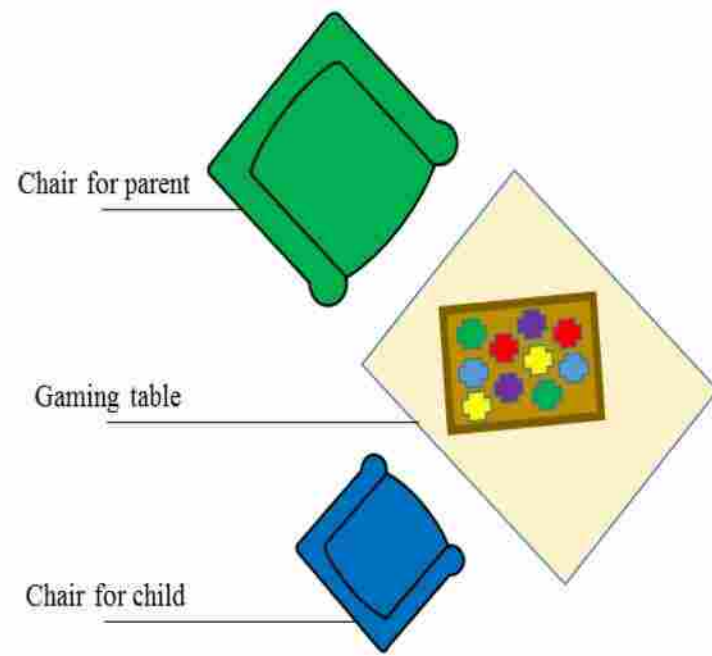


We found a **significant opposite distribution of behavioral and physiological features between self-perception and hetero-perception.**

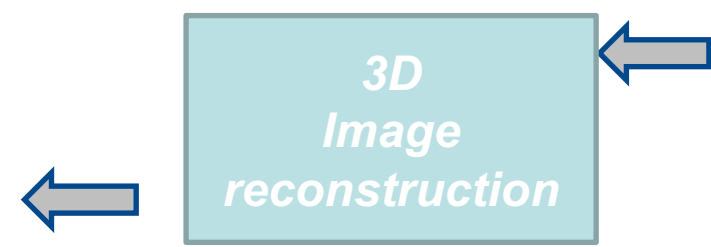
There were 5 behavioral features and 16 physiological ones for the self-perception best subset ($\chi^2 = 7.81$, $df = 1$, $p = 0.005$), as opposed to 10 behavioral features and 3 physiological ones for the hetero-perception best subset ($\chi^2 = 6.79$, $df = 1$, $p = 0.009$).

Plan

- **TIC et IA pour explorer la psychopathologie**
 - Autisme et films familiaux
 - Dynamique motrice et ocytocine
- **Imagerie comportementale et imagerie de l'interaction**
 - Stress ressenti vs. Stress hétéro-perçu
 - Cas de la négligence maternelle précoce
- **Robotique développementale**
- **Applications thérapeutiques**
 - Les jeux sérieux



Automatic extraction of individual (*quantity of movements; motion activity*) **and synchrony** (*contribution to heads distance change; time spent face to face; time spent gazing at the game*) **motion features**



10 mères négligentes vs. 10 mères contrôles

Démonstration de l'extraction automatisée des indices moteurs en 2D + 3D

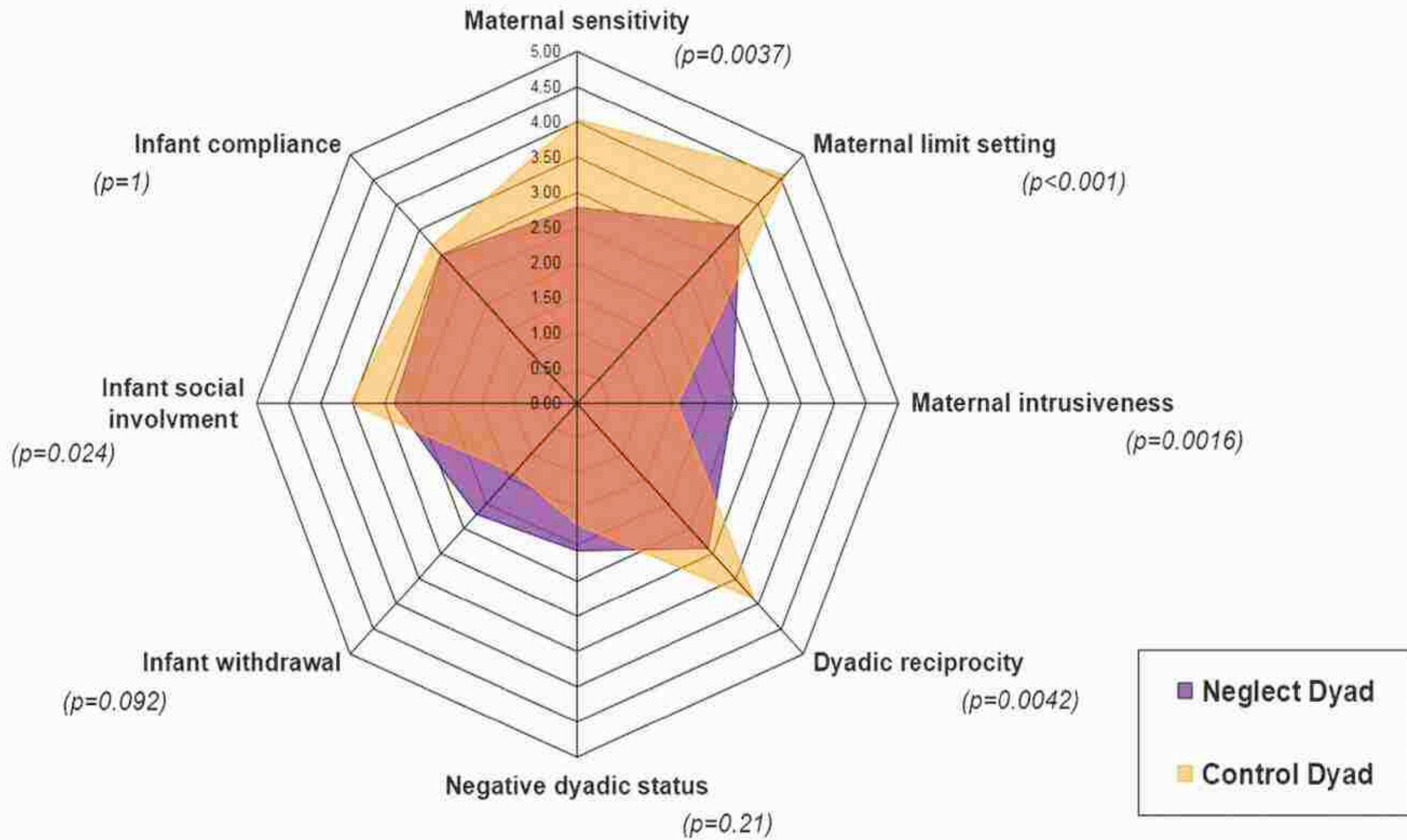


3D scene reconstruction
with a two Kinects acquisition system
for behavioral analysis

**Translational
Psychiatry**

Chloë Leclère, Marie Avril, Sylvie Viaux-Savelon, Nicolas Bodeau,
Catherine Achard, Sylvain Missonnier, Miri Keren, Ruth Feldman,
Mohamed Chetouani, David Cohen

Annotation des vidéos (CIB): mères négligentes montrent moins de réciprocité, de sensibilité, posent moins de limites et sont plus intrusives



Confrontation des données de la clinique interactive et des indices moteurs en 2D + 3D

Les scores du CLB sont fortement corrélés aux indices moteurs video 2D + 3D

Quand on classe les dyades en 2 groupes avec des méthodes SVM qui apprennent sur les données motrices extraites, on arrive à 100% de dyades correctement classées

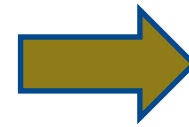
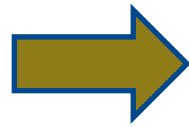
Les mères négligentes sont donc très significativement différentes au plan de leur interaction motrice avec leur bébé

Plan

- **TIC et IA pour explorer la psychopathologie**
 - Autisme et films familiaux
 - Dynamique motrice et ocytocine
- **Imagerie comportementale et imagerie de l'interaction**
 - Stress ressenti vs. Stress hétéro-perçu
 - Cas de la négligence maternelle précoce
- **Robotique développementale**
- **Applications thérapeutiques**
 - Les jeux sérieux

La prochaine étape ?

Tester l'hypothèse de Meltzoff : la notion de « comme moi » dans l'émergence du self



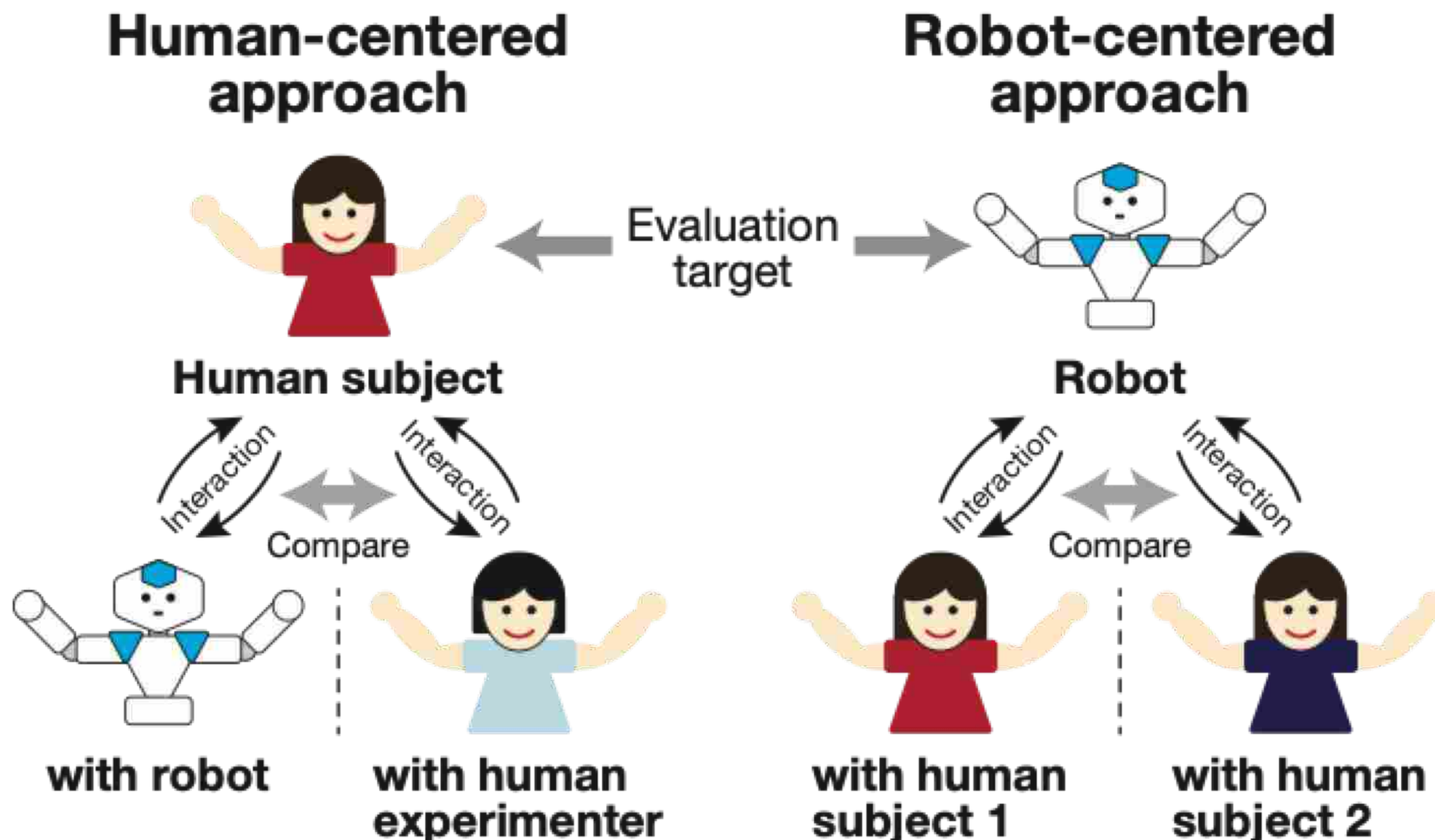
Cette hypothèse postule que l'imitation est une des aptitudes de base du développement du bébé avec la plasticité cérébrale et l'apprentissage probabiliste

Quand le bébé fait l'expérience de l'imitation, il se rend compte que l'autre l'imité et qu'il imite

Ces prémices constituent les premiers temps de la reconnaissance de l'autre et de la connaissance de soi ou émergence du self

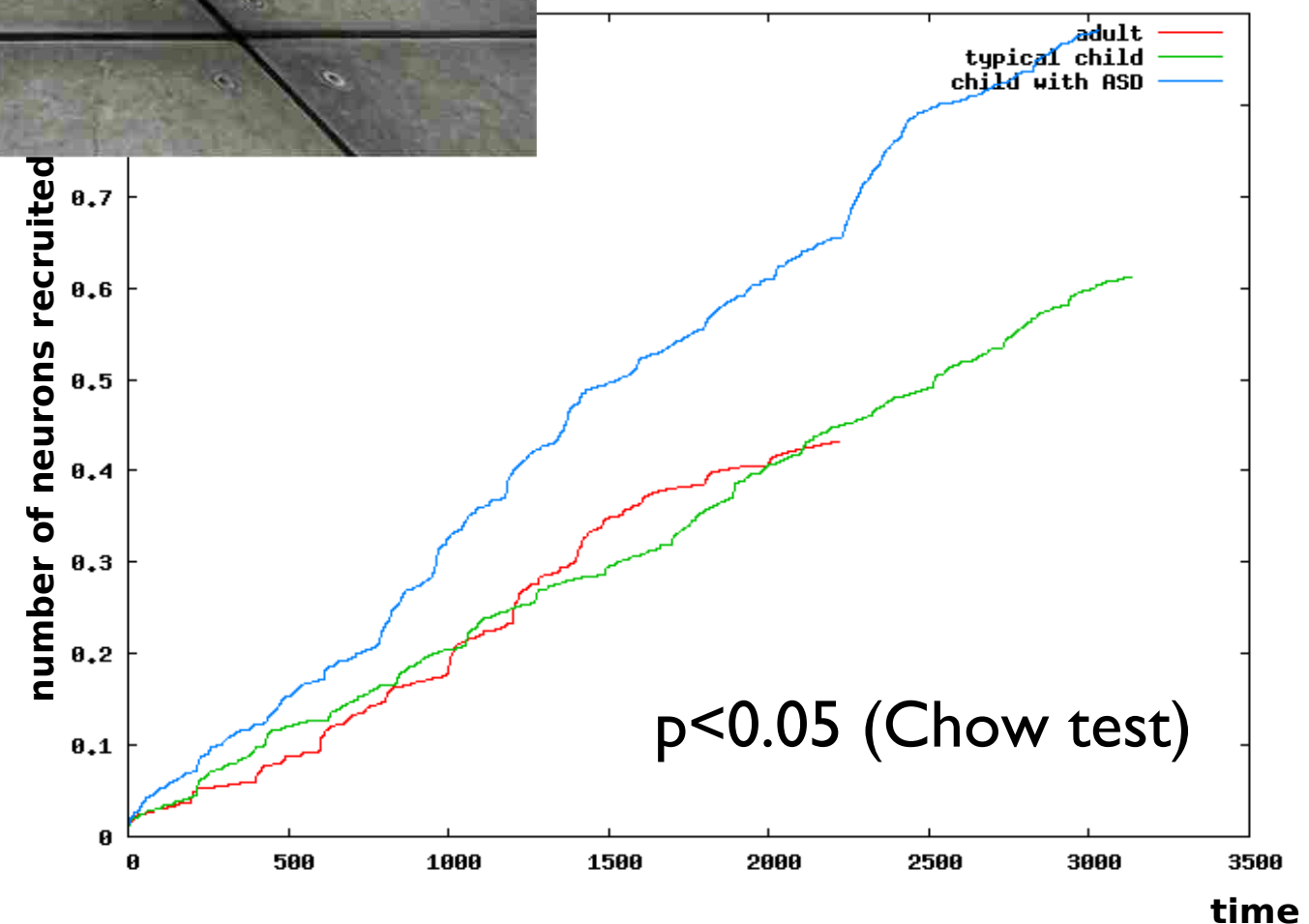
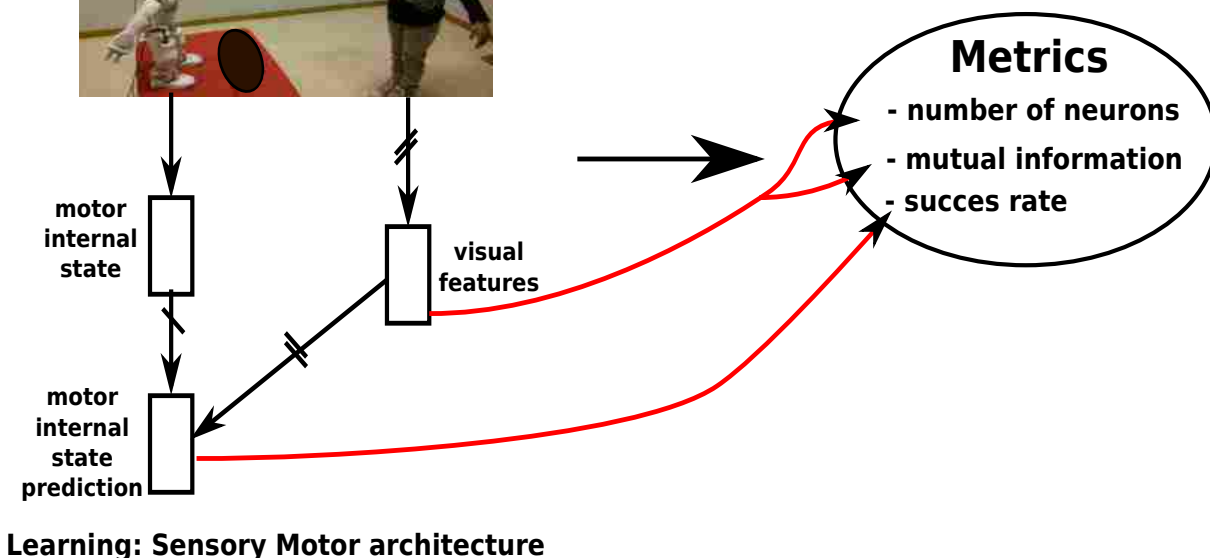
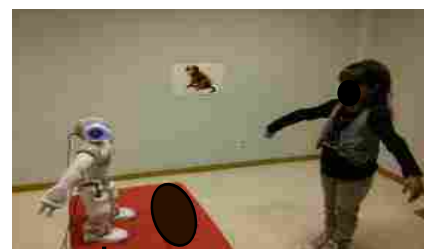
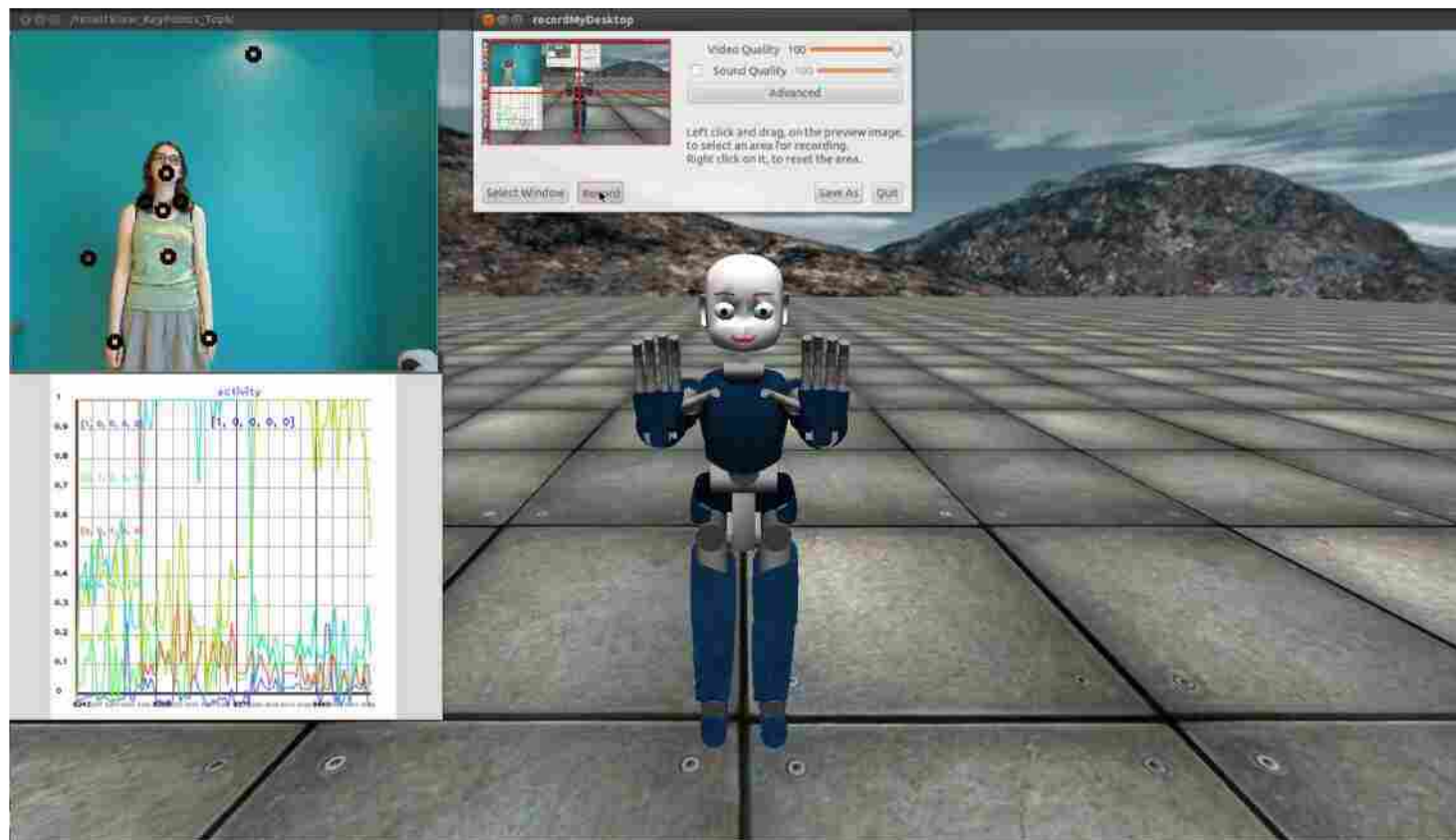


Architecture pour tester l'hypothèse de Meltzoff en robotique développementale



Boucenna et al. : IEEE Trans. on Autonomous Mental Development (2014)
Murray et al. 2016 IEEE/SICE International Symposium on System Integration.

Architecture pour tester l'hypothèse de Meltzoff en robotique développementale



Architecture pour tester l'hypothèse de Meltzoff en robotique développementale



S
A
M
E

L
E
A
R
N
I
N
G

A
R
C
H
I
T
E
C
T
U
R
E

Same experimental design

Learning phase

The robot does
a movement

The partner
imitates the robot

Validation phase

The robot

Playing an
imitation game

The partner

Recognition phase

The partners are presented a
second time on the robot (the
architecture) has to recognize
him

Experiment 1

Nao learns through a motor imitation task (5 arms positions) with:

- 11 adults
- 15 typical developing children
- 15 children with ASD

Basic experiment

Experiment 2

Robot head learns through a motor facial imitation task (5 facial expressions) with 25 adults

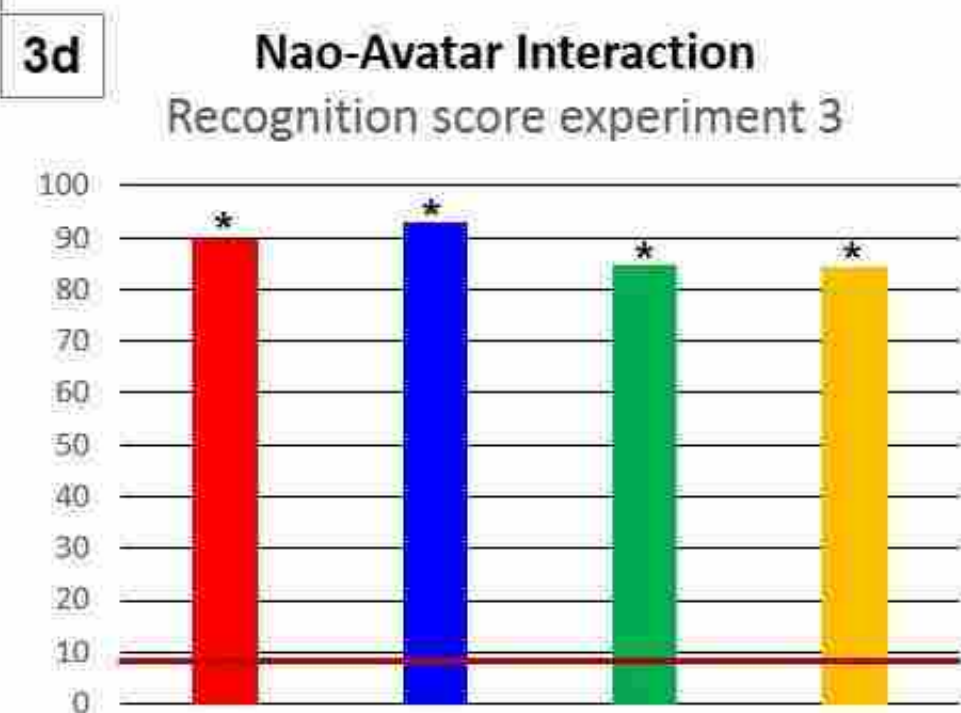
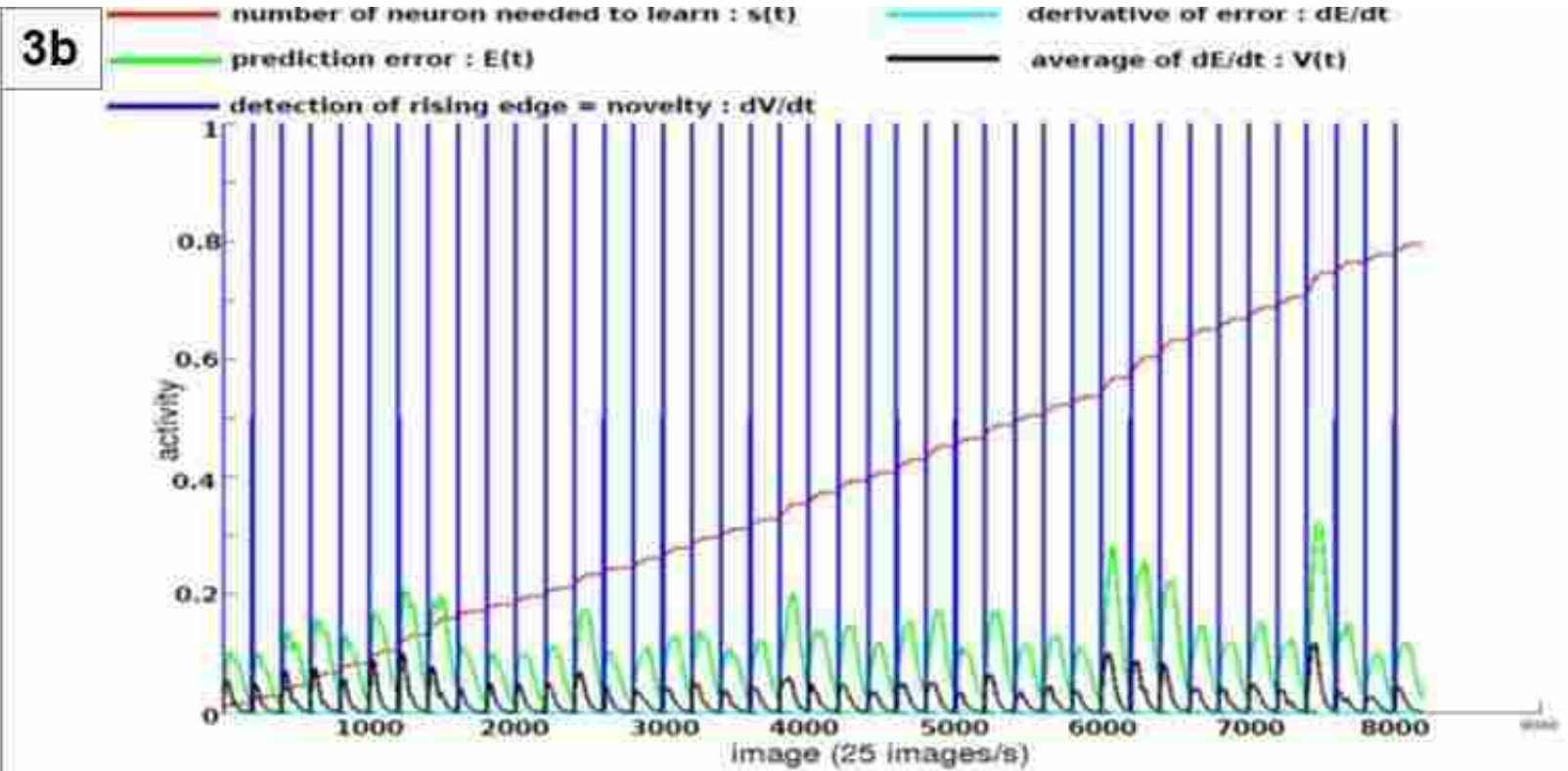
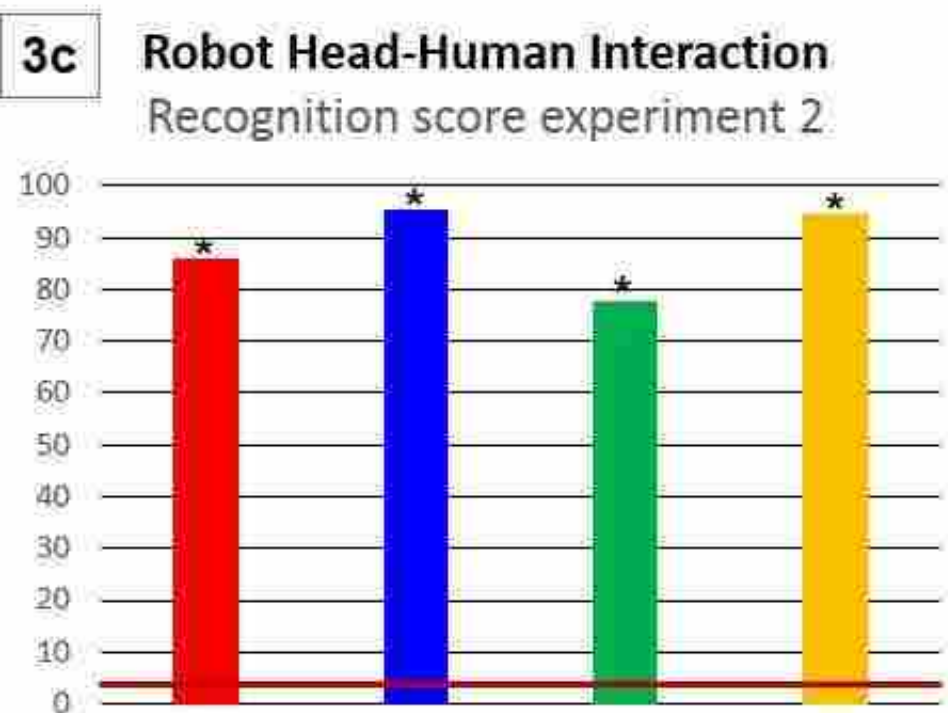
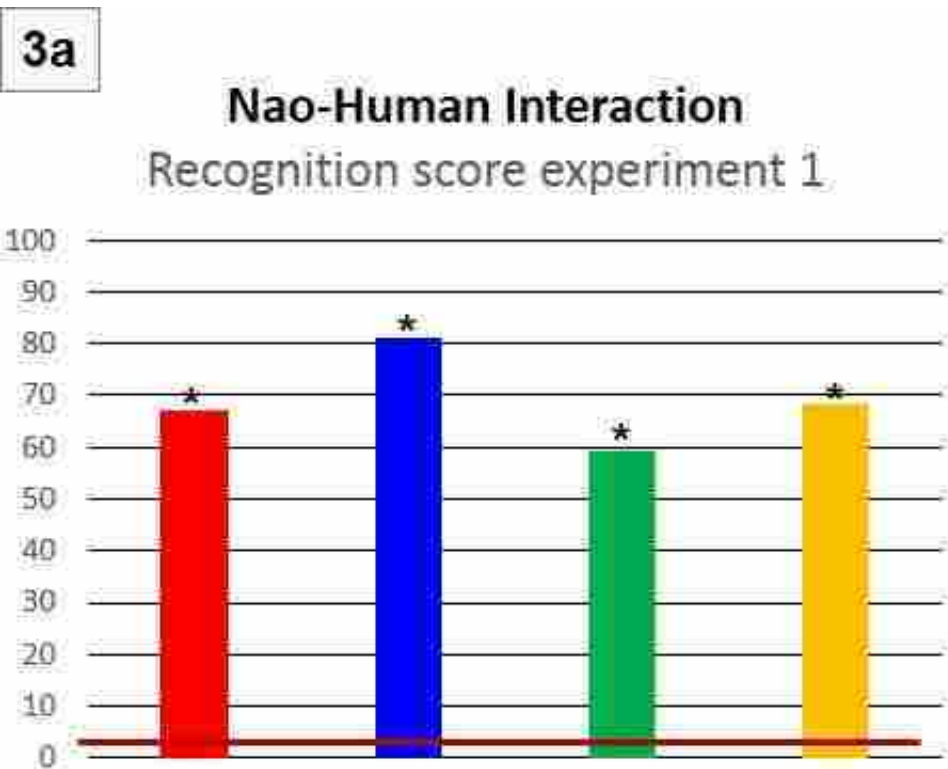
To control for other robot and other task

Experiment 3

Nao learns through a motor imitation task (5 arms positions) with 12 different avatars

To control for visual features independent of motor task

Les robots apprennent à reconnaître leurs partenaires (humain ou avatars) à partir de l'expérience unique d'interaction par imitation



3e

Correlations			
ρ	red	blue	green
blue	0.93		
green	0.79	0.81	
yellow	0.92	0.83	0.88



Plan

- **TIC et IA pour explorer la psychopathologie**
 - Autisme et films familiaux
 - Dynamique motrice et ocytocine
- **Imagerie comportementale et imagerie de l'interaction**
 - Stress ressenti vs. Stress hétéro-perçu
 - Cas de la négligence maternelle précoce
- **Robotique développementale**
- **Applications thérapeutiques**
 - Les jeux sérieux

What is a serious game?

« digital games and equipment with an agenda of educational design and beyond entertainment »

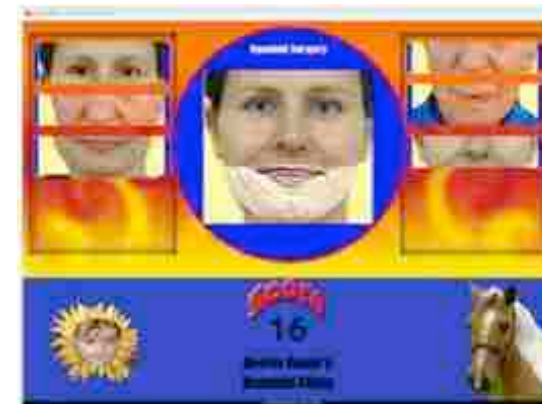
Socio emotional skills



Golan & Baron-Cohen, *Dev Psychopathol*, 2006



Golan et al., *J Autism Dev Disord*, 2010

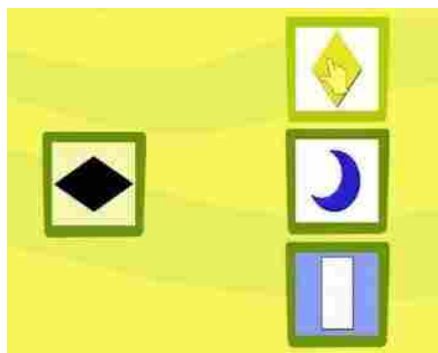


Hopkins et al., *J Autism Dev Disord*, 2011

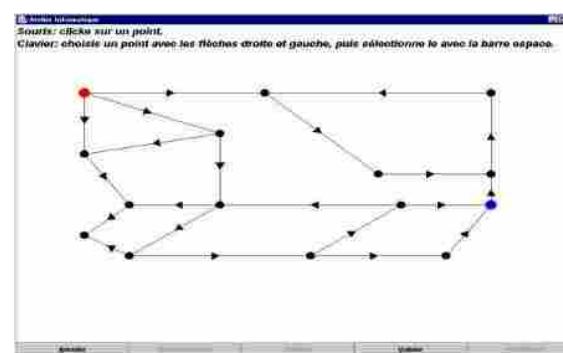


Serret et al., *Molecular Autism*, 2014

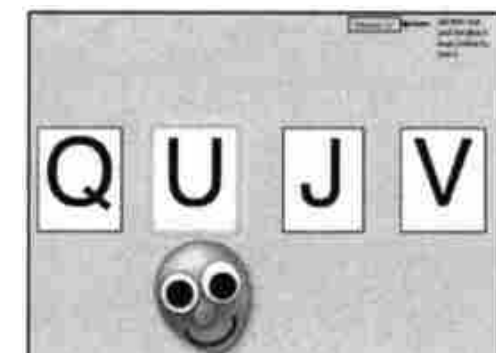
Neurocognitive skills



Whalen et al., *Autism*, 2010



Grynszpan, Martin, & Nadel, *Interact Stud*, 2007



Travers et al., *Educ Train Autism Dev Disab*, 2011

RESEARCH ARTICLE

Open Access



GOLIAH (Gaming Open Library for Intervention in Autism at Home): a 6-month single blind matched controlled exploratory study

Anne-Lise Jouen¹, Antonio Narzisi², Jean Xavier³, Elodie Tilmont^{1,3}, Nicolas Bodeau³, Valentina Bono⁴, Nabila Ketem-Premel³, Salvatore Anzalone¹, Koushik Maharatna^{4*}, Mohamed Chetouani¹, Filippo Muratori², David Cohen^{1,3} and the MICHELANGELO Study Group

FEASIBILITY STUDY

- GOLIAH 5 sessions/week (4 at home)
- during 6 months
- TAU+GOLIAH (N=14) vs. TAU (N=10)
- All boys, aged 5 to 7 years

- Observance=40%
- No increase of parental stress
- Significant improvement of ADOS, Vineland socialisation, CBCL internalizing, externalizing and total scores in both groups
- No significant interaction time*group meaning that GOLIAH did not offer more than TAU

OPEN

An integrated EEG and eye-tracking approach for the study of responding and initiating joint attention in Autism Spectrum Disorders

Lucia Billeci¹, Antonio Narzisi², Alessandro Tonacci¹, Beatrice Sbriscia-Fioretti³, Luca Serasini¹, Francesca Fulceri², Fabio Apicella², Federico Sicca², Sara Calderoni^{2,4} & Filippo Muratori^{2,4}

Autism Spectrum Disorders (ASD) are characterised by impairment in joint attention (JA), which has two components: the response to JA and the initiation of JA. Literature suggests a correlation between JA and neural circuitries, although this link is still largely unexplored in ASD. In this pilot study, we aimed at investigating the neural correlates of responding and initiating JA in high-functioning children with ASD and evaluating the changes in brain function and visual pattern after six months of rehabilitative treatment using an integrated EEG/eye-tracking system. Our results showed that initiating and responding JA subtend both overlapping (i.e. frontal and temporal) and specialized (i.e. parietal for responding JA and occipital for initiating JA) neural circuitries. In addition, in a subgroup of subjects, we observed trends of changes in both brain activity and connectivity after rehabilitative treatment in both the two tasks, which were correlated with modifications in gaze measures. These preliminary results, if confirmed in a larger sample, suggest the feasibility of using the proposed multimodal approach to characterise JA-related brain circuitries and visual pattern in ASD individuals and to monitor longitudinal changes in response to rehabilitative intervention.

Received: 2 March 2017

Accepted: 20 September 2017

Published online: 19 October 2017

e-GOLIAH: a novel version for online availability



Et si on jouait ensemble ?

JEUX NUMÉRIQUES
POUR AMÉLIORER L'IMITATION
ET L'ATTENTION CONJOINTE
DES ENFANTS AVEC TSA*

* Troubles du spectre autistique



Parents



Enfant



Thérapeute



Mettre à disposition des enfants atteints de troubles autistiques une **plateforme de jeux** numériques permettant d'améliorer l'**attention conjointe** et l'**imitation** tout en favorisant l'interaction sociale.



Grâce à deux tablettes et des jeux adaptés à une **utilisation au domicile**, l'enfant peut travailler, en s'amusant, des aptitudes clés en matière de **communication** et d'**interactions sociales**.



L'enfant, avec ses parents et/ou son thérapeute pourra accéder à des mini-jeux lui demandant de :

- Dessiner en imitant
- Retrouver des images
- Mémoriser des séquences musicales
- Reconnaître des bruits
- Répéter des sons
- Et bien d'autres encore !



Available at cupary.com (Genious Health care)

A large randomiazed medico-economic study is waiting for fundings

Plan

- **TIC et IA pour explorer la psychopathologie**
 - Autisme et films familiaux
 - Dynamique motrice et ocytocine
- **Imagerie comportementale et imagerie de l'interaction**
 - Stress ressenti vs. Stress hétéro-perçu
 - Cas de la négligence maternelle précoce
- **Robotique développementale**
- **Applications thérapeutiques**
 - Les jeux sérieux
 - Le robot compagnon intelligent

Robots still used with children with autism in 2017-2018?



Nao
N=15



Charlie
N=1



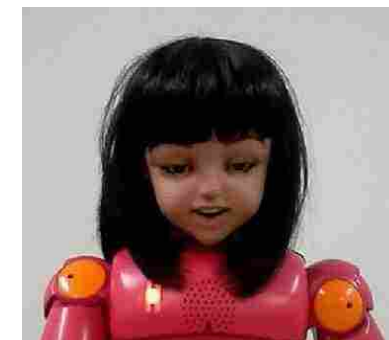
Kaspar
N=4



Teo
N=1

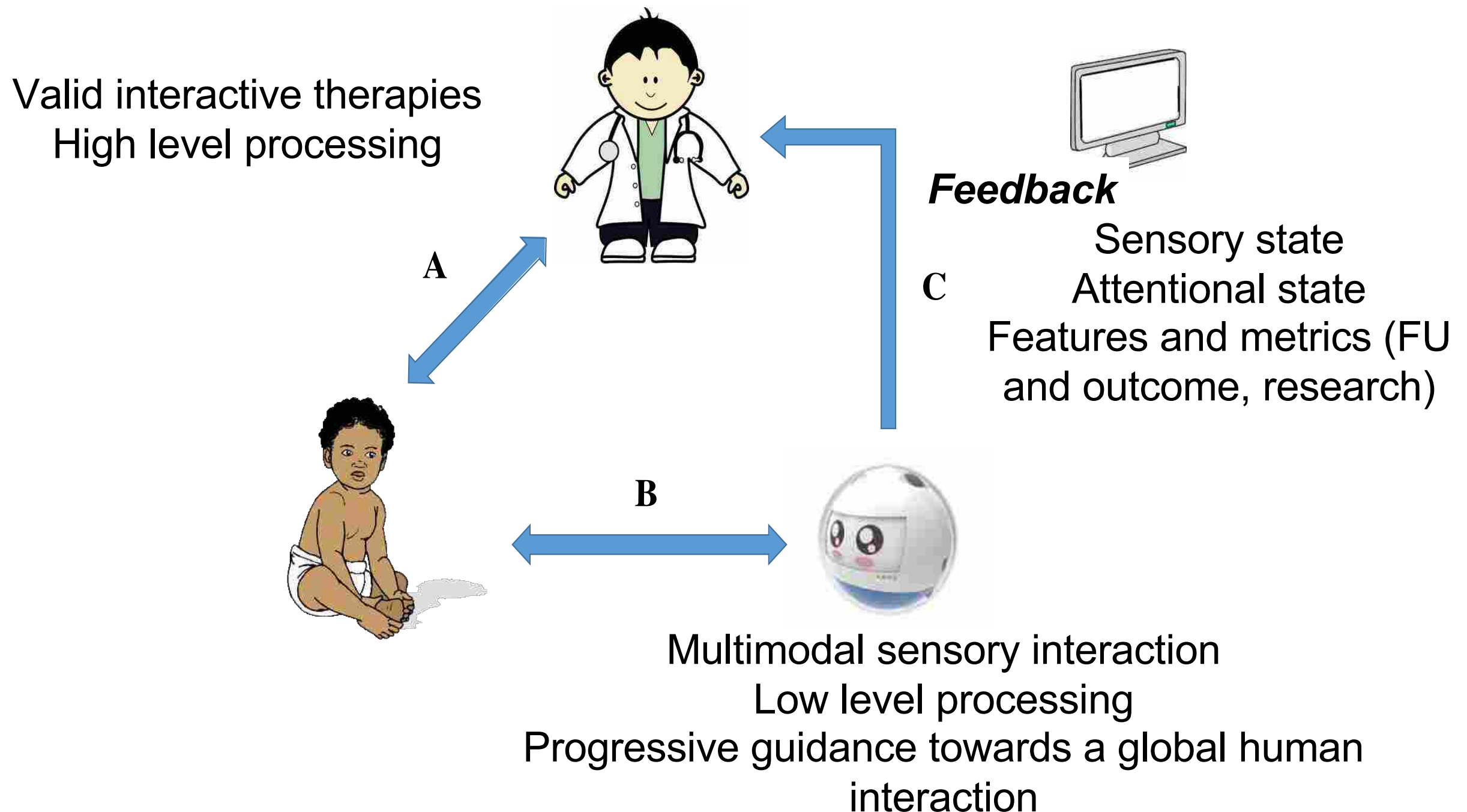


Ribby
N=1



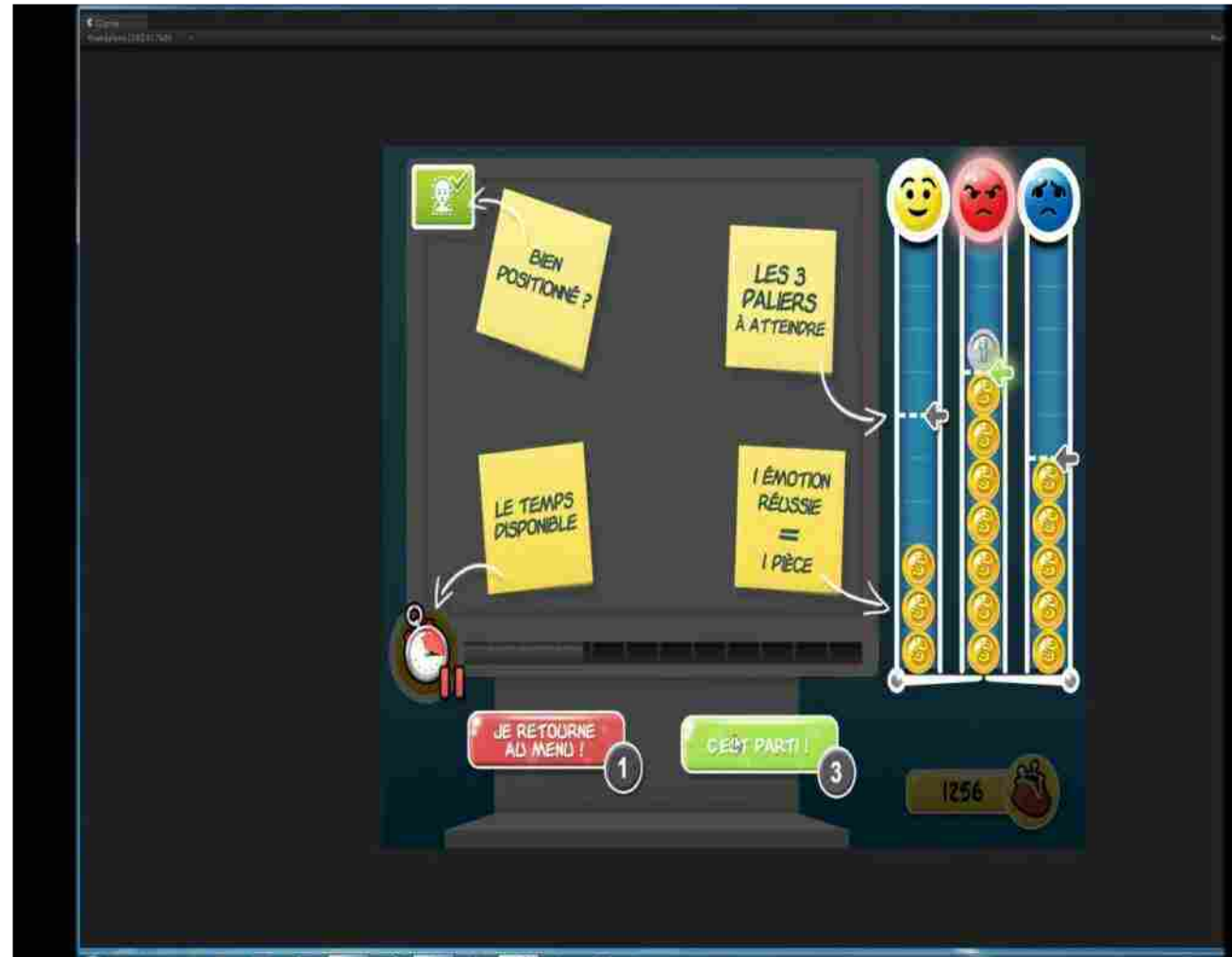
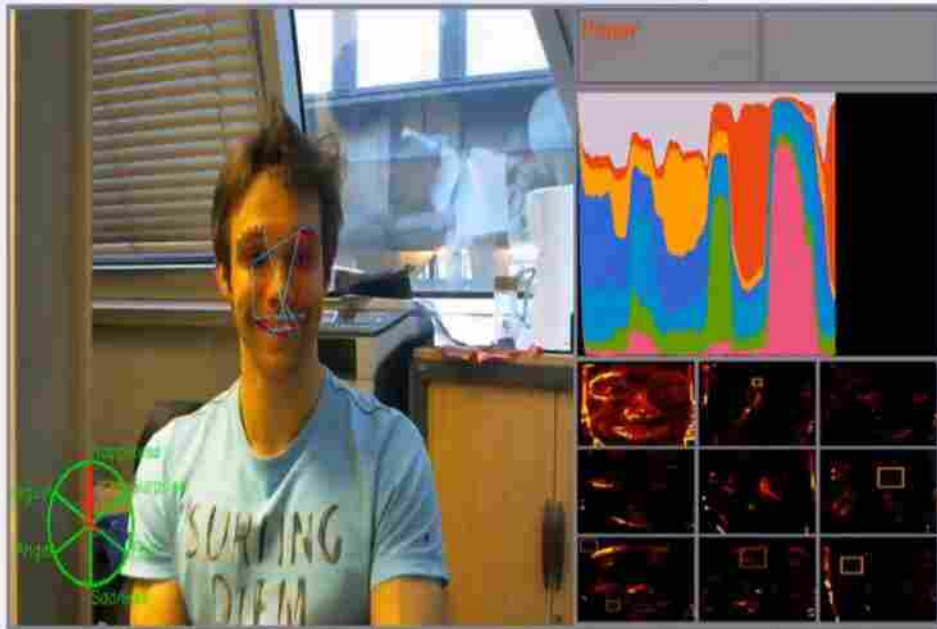
Alice
N=2

What's next



JeMiME : Emotion production algorithmic validation

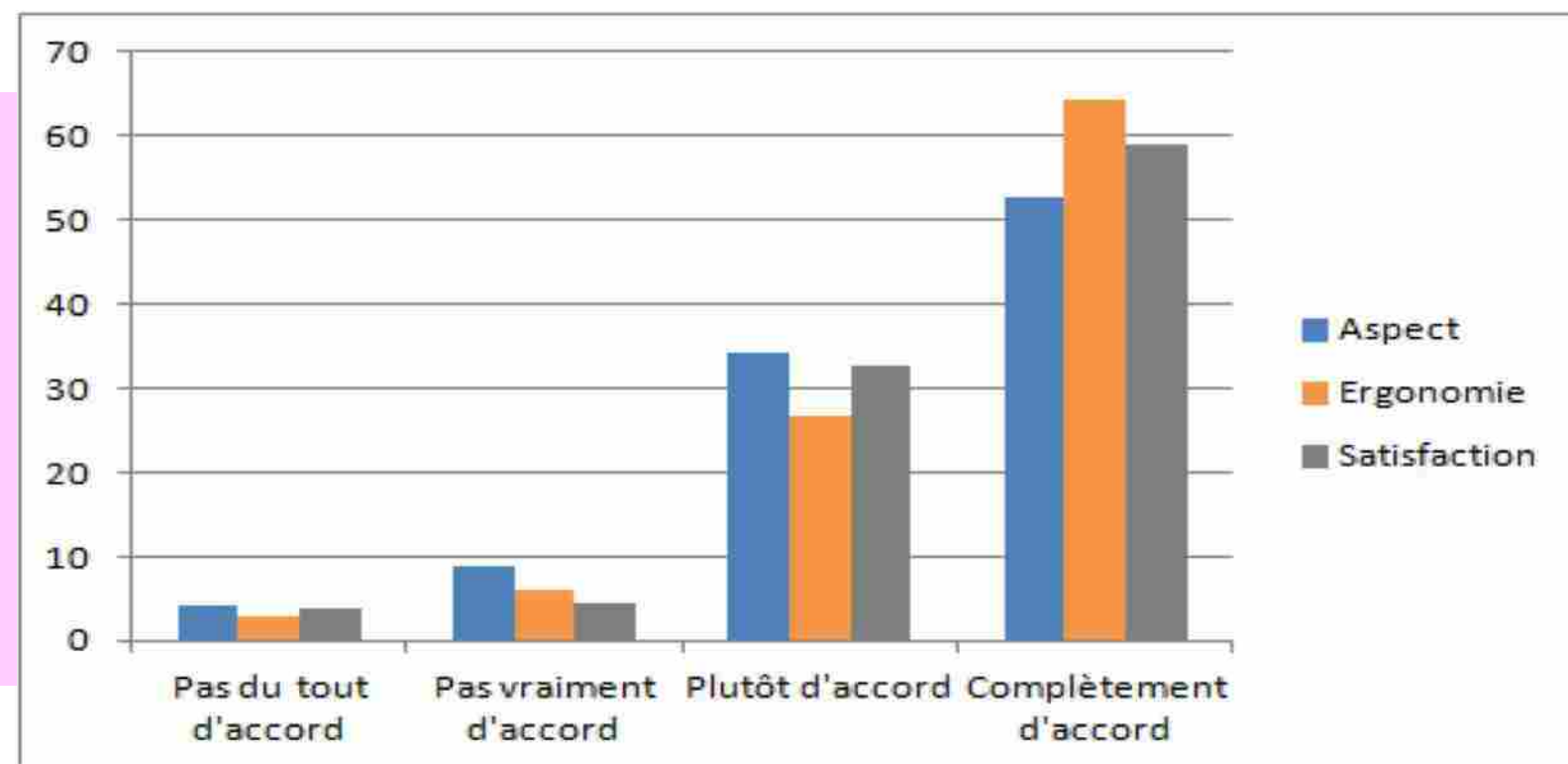
Emotion recognition system based on real time extraction of spatial and textural variations in 2D



N=24 children with ASD
1h training

Improvement of FE production during training ($p < .001$)

Users quite happy to play



Robotic school assistant for better attention

Social Robot
Learning Mediator

RGB-D Sensor
Behavior Analysis

Tablets
Continuous Learning

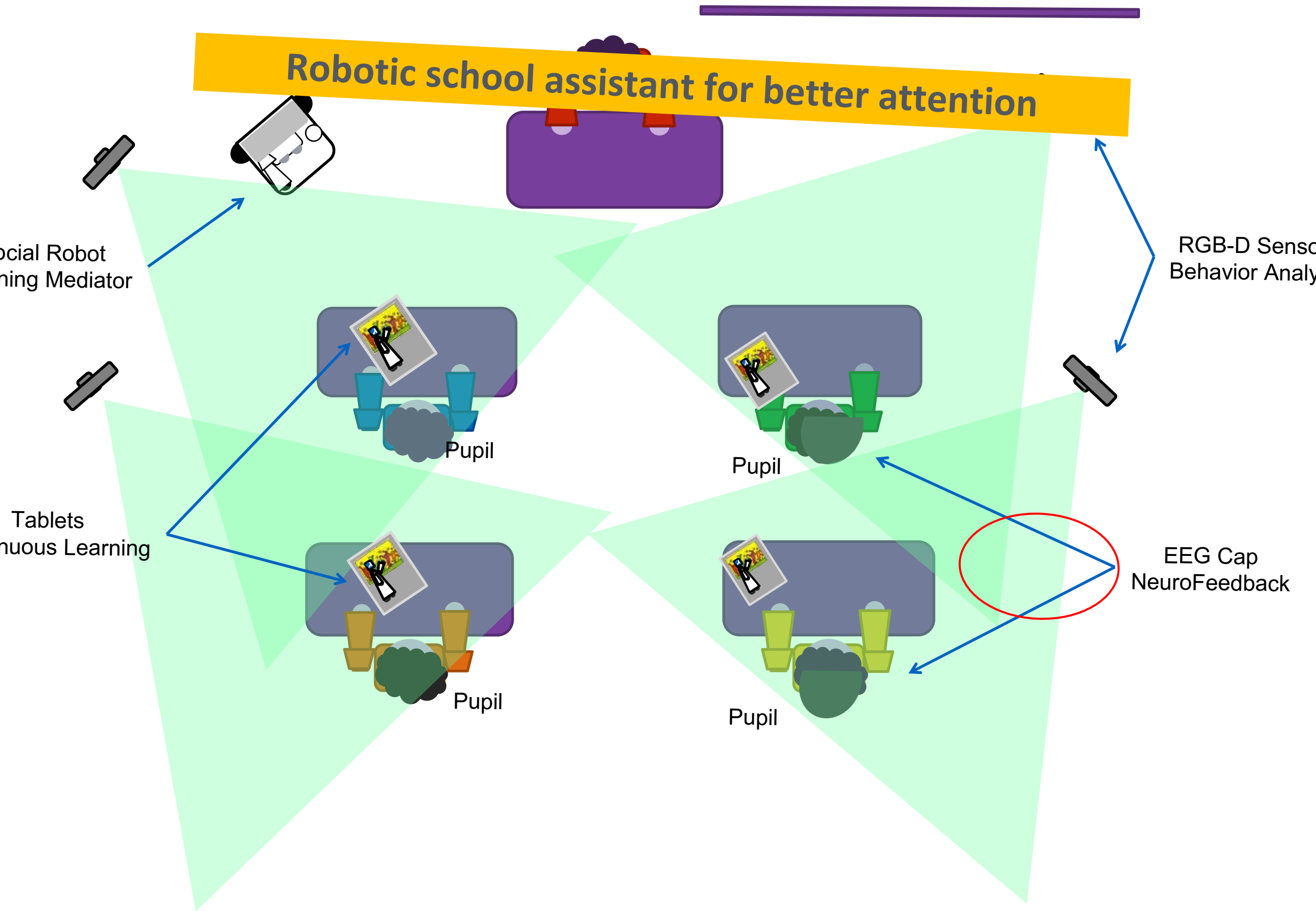
EEG Cap
NeuroFeedback

Pupil

Pupil

Pupil

Pupil



Robotic school assistant for writing

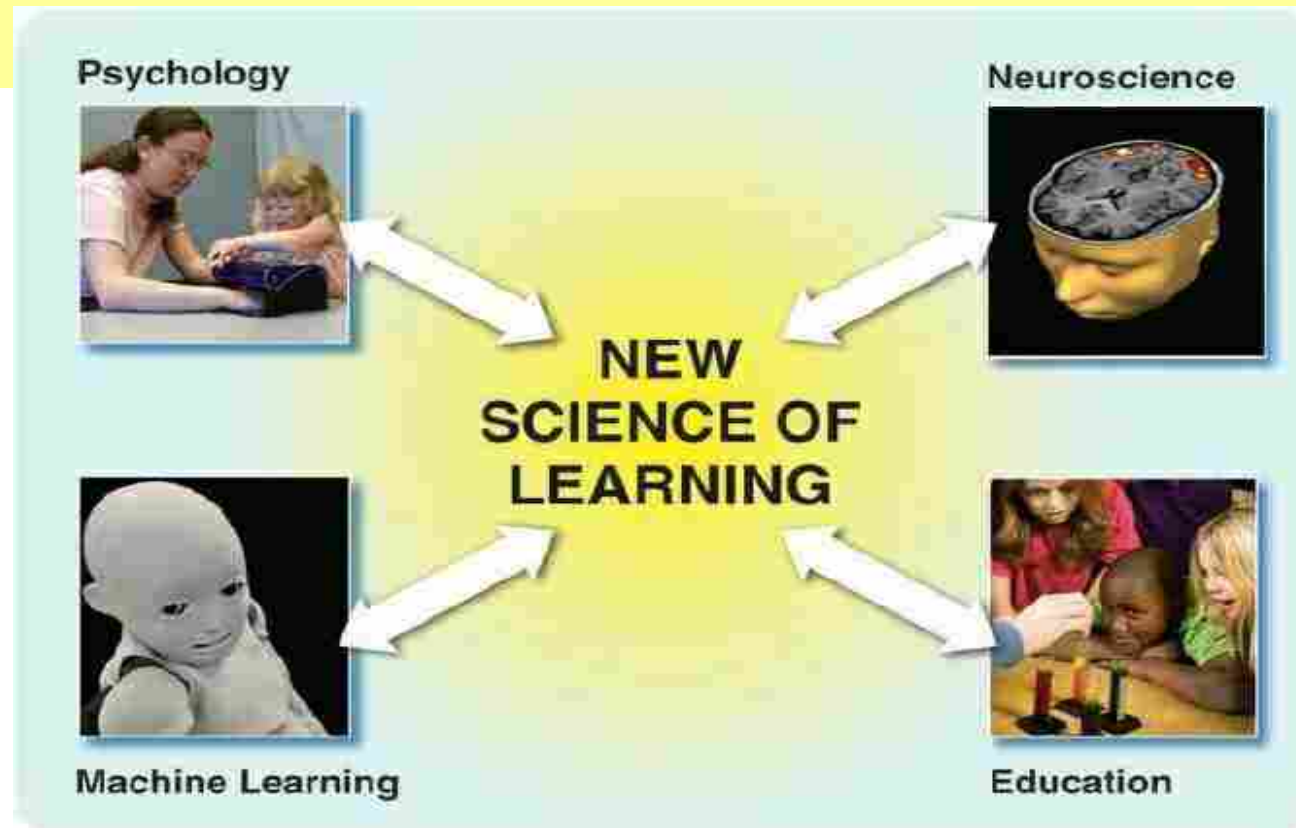
Co-Writer
Learning by teaching



<http://chili.epfl.ch/cowriter>

Conclusion

- Les Technologies de l'Information et de la Communication / L'IA offrent de nouvelles opportunités d'interaction et de travail avec des personnes avec TSA.
- Les jeux sérieux et la robotique sont deux moyens d'investigation différents. Même si le premier atteint des résultats cliniques meilleurs.
- Cependant, l'absence d'études robustes avec une méthodologie solide et l'absence de preuve de généralisation ne permettent pas d'évaluer les avantages fondés sur les preuves de l'intervention des TIC chez les personnes atteintes de TSA.





Depuis 80 ans, nos connaissances
bâtissent de nouveaux mondes

Merci de votre attention

Questions?