

**UNIVERSITÉ PARIS XI  
FACULTE DE MEDECINE PARIS-SUD**

**Année 2017**

**THÈSE DE DOCTORAT DE MEDECINE**

**Présentée et soutenue publiquement le 12/10/2017**

**par : Thomas GARGOT**

**Né le 17/03/1988**

**N°**

**PERSPECTIVES EN PSYCHIATRIE DE L'ANALYSE**

**AUTOMATIQUE DU SIGNAL SOCIAL**

**Extraction d'indices de synchronie de quantité de  
mouvement sur des vidéos d'interaction parent-adolescent**

Directeur : Pr David COHEN

Président : Pr Bruno FALISSARD

## **REMERCIEMENTS**

A Monsieur le Pr David Cohen, je vous remercie de m'avoir fait l'honneur de diriger ma thèse. Je vous remercie pour votre aide, votre curiosité.

A Monsieur le Pr Bruno Falissard, je vous remercie de me faire l'honneur de présider et de participer à mon jury de thèse et d'héberger ce document sur arXiv-iacapap.

A Monsieur le Pr Yves Sarfati, je vous remercie de me faire l'honneur de participer à mon jury de thèse. Je vous remercie pour votre travail de passeur entre les sciences cognitives et la psychothérapie.

Au Dr Paul Roux, je vous remercie de me faire l'honneur de participer à mon jury de thèse. Je vous remercie pour votre travail de synthèse des sciences cognitives dans la schizophrénie.

A Mme Giovanna Varni et à Mr Jonathan Aigrain pour leur accueil dans le laboratoire et leur aide pour la partie technique de ce travail

A Monsieur Michel Spodenkiewicz pour son soutien et sa curiosité

Au Pr Mohamed Chetouani pour ses conseils dans la supervision du projet

A Nicolas Bodeau et Hugues Pellerin qui m'ont aidé dans les analyses statistiques et l'utilisation de R

A l'équipe de l'étude Incant et Monrado qui nous ont fourni les bases de données vidéo ainsi que les données psychométriques associées.

A Anne Chadeuf, Pauline Pérez, Samuel Recht à leur parfaite connaissance des volumes de distributions et leur intérêt pour les conversations stratosphériques

A mes co-internes : Benjamin Boit, Malo de Bazelaire, Lucille Carlier, Solène Frileux, à Adrien Rigal, à Lise Giorno pour leur enthousiasme pour cette spécialité toujours surprenante.

A Marisa, Mariana, Livia, Ekin, Howard, Thanos, Ieva, Teresa, Roland, Zetti, Sean, Franziska, Morten, Matej, Costin, Amelie pour leurs échanges incroyables et leur découverte de la formation en psychiatrie européenne avec l'EFPT

A Paule mon amour, à mes parents, à Marie et Antoine

MONSIEUR JOURDAIN: Par ma foi! il y a plus de quarante ans que je dis de la prose sans que j'en susse rien, et je vous suis le plus obligé du monde de m'avoir appris cela. Je voudrais donc lui mettre dans un billet: Belle Marquise, vos beaux yeux me font mourir d'amour; mais je voudrais que cela fût mis d'une manière galante, que cela fût tourné gentiment.

MAÎTRE DE PHILOSOPHIE: Mettre que les feux de ses yeux réduisent votre cœur en cendres; que vous souffrez nuit et jour pour elle les violences d'un.

MONSIEUR JOURDAIN: Non, non, non, je ne veux point tout cela; je ne veux que ce que je vous ai dit: Belle Marquise, vos beaux yeux me font mourir d'amour.

MAÎTRE DE PHILOSOPHIE: Il faut bien étendre un peu la chose.

MONSIEUR JOURDAIN: Non, vous dis-je, je ne veux que ces seules paroles-là dans le billet; mais tournées à la mode; bien arrangées comme il faut. Je vous prie de me dire un peu, pour voir, les diverses manières dont on les peut mettre.

MAÎTRE DE PHILOSOPHIE: On les peut mettre premièrement comme vous avez dit: Belle Marquise, vos beaux yeux me font mourir d'amour. Ou bien: D'amour mourir me font, belle Marquise, vos beaux yeux. Ou bien: Vos yeux beaux d'amour me font, belle Marquise, mourir. Ou bien: Mourir vos beaux yeux, belle Marquise, d'amour me font. Ou bien: Me font vos yeux beaux mourir, belle Marquise, d'amour.

MONSIEUR JOURDAIN: Mais de toutes ces façons-là, laquelle est la meilleure?

MAÎTRE DE PHILOSOPHIE: Celle que vous avez dite: Belle Marquise, vos beaux yeux me font mourir d'amour.

MONSIEUR JOURDAIN: Cependant je n'ai point étudié, et j'ai fait cela tout du premier coup. Je vous remercie de tout mon cœur, et vous prie de venir demain de bonne heure."

Le Bourgeois gentilhomme, Molière, 1670

## Résumé

### Introduction

L'évaluation des compétences sociales et relationnelles des patients en psychiatrie est importante dans la démarche diagnostique. Des phénomènes d'imitation et de synchronisation sont impliqués dans le processus d'empathie, nécessaire à des relations sociales de qualité. Nous proposons une mesure automatique de la qualité de l'interaction parent-adolescent à partir du signal de synchronisation des quantités de mouvements de deux sujets.

### Matériel et Méthodes

Nous avons analysé une base de donnée vidéo de 34 interactions parents-adolescent de 15 minutes chacune avec une période de 10 minutes de conflit. Elle mesurait par ailleurs l'attachement et les scores d'alexithymie. Après annotation des zones et périodes d'intérêt, l'extraction des quantités de mouvement a été réalisée avec le module openCV en C++. Le calcul de synchronie a été réalisé avec le projet Syncpy en Python. Les analyses exploratoires ont été faites avec le logiciel R.

### Résultats

Les scores de synchronie ont pu être mesurés sur cette base de données. Après randomisation des ordres des quantité de mouvement, nous avons montré que le score de synchronie n'est pas un score aléatoire. Cependant, nous n'avons pas trouvé de différence significative de synchronies de quantité de mouvement entre les différentes phases sans ou avec conflit. Il n'y a pas de différence en fonction des styles d'attachement ni en fonction des scores d'alexithymie. Les bases de données vidéos doivent respecter un certains nombre de caractéristiques tant au niveau du dispositif expérimental qu'au niveau de la qualité de l'enregistrement vidéo.

### Conclusion

Le signal de synchronie de la quantité de mouvements semble prometteur dans l'analyse automatique de qualité de relation. Il nécessite certaines conditions expérimentales prévues a priori pour obtenir une qualité de vidéo suffisante et minimiser le travail de préparation des vidéos. Nous proposons d'autres marqueurs d'une bonne relation sociale dans d'autres modalités et une approche de science ouverte pour faciliter la réPLICATION et l'amélioration de cette étude.

### **Mots-clefs**

synchronie, psychothérapie, attachement, conflit, signal social, mesure en psychiatrie

## **Summary**

### Introduction

Evaluation of social and relational competencies of patients in psychiatry is relevant for diagnosis. Imitation and synchrony mechanisms are involved in empathy phenomenon which is necessary for quality social relationships. Here, we suggest an automatic measure of relationship quality between parents and adolescents from the synchrony signal of motions history of two subjects.

### Material and Methods

We analysed a video database of 34 interactions, of 15 min each with a period of 10 minutes conflict, between parents and adolescents. It was studying different attachements profiles and alexithymia scores. After annotation of zones and periods of interrest, we extracted motion history with the openCV module in C++. Synchrony signal computation was done with SyncPy library in Python. Exploratory analysis were done with R software.

### Results

Synchrony signals were measured on this database. After randomisation of motion history order, we showed that the score of synchrony wasn't a random signal. However, we did not find any significant synchrony of motion history difference between the different phases without and with conflict. There is not difference found between different styles of attachement or in funcion of alexithymia scores. Databases must respect a sufficient quality from experimental and technical point of views.

### Conclusion

Synchrony signals of motion history seems a promising marker in quality relationship measure. It requires some experimental conditions that must be anticipated in order to reach a sufficient video quality and to minimize the filtering and preparation work. We suggest other social markers of good relatiochip quality in other modalities. An open science approach could help the replicability and improvement of this study.

### **Key-words**

synchrony, psychotherapy, attachment, conflict, social signal, measure in psychiatry

## Sommaire

Sommaire .....	6
Introduction .....	7
1. Pourquoi évaluer la qualité de la relation et l'engagement de deux partenaires dans une interaction .....	7
2. Attachement et qualité de la relation interpersonnelle .....	7
2. Pourquoi utiliser la synchronie comme marqueur de la qualité des relations interpersonnelles .....	8
Empathie .....	8
Neurones miroirs et imitation dans la relation sociale .....	8
Imitation dans les détections d'émotions .....	9
L'imitation facilite les interactions positives .....	10
3. Limites méthodologiques de la psychologie expérimentale classique .....	11
4. Perspectives de recherche d'une analyse automatisées des relations sociales .....	11
5. Utilisation de la synchronie comme marqueur pertinent des analyses automatisées .....	12
Démonstration de faisabilité: Base de données Monrada .....	14
1. Objectif de l'étude .....	14
2. Critères d'inclusion .....	14
3. Matériel vidéo .....	14
Participants .....	15
4. Données psychométriques (ASI styles d'attachement, TAS20, STAI-Y, BDI) .....	15
Style d'attachement ASI .....	15
Echelle d'alexithymie TAS20 .....	16
Echelle d'anxiété STAI-Y .....	16
Echelle de dépression BDI .....	17
Méthode .....	17
- Nettoyage de la base de donnée .....	17
- Description de la base de données vidéo .....	17
Durée des vidéos .....	17
Contenu des vidéos .....	18
- Annotation manuelle des périodes pertinentes avec la discussion pré-conflictuelle puis conflictuelle sur les vidéos d'interaction .....	18
- Extraction d'une image de début d'interaction .....	18
Sélection des zones d'intérêt de la vidéo afin de créer un masque sur la partie de l'image non pertinente .....	19
- Conversion des vidéos du format MTS vers AVI .....	19
- Extraction des quantité de mouvement avec script en C++ .....	19
- Définition de la synchronie utilisée .....	20
- Transparence et réplicabilité .....	21
Résultats .....	21
Données psychométriques .....	21
Style d'attachement (ASI-AD) .....	21
Score d'Alexithymie selon l'échelle TAS20 .....	22
Score d'anxiété trait et état selon l'échelle STAI .....	22
Score de dépression selon l'échelle BDI .....	22
Quantité de mouvement .....	25
Hypothèse 1 : La synchronie n'est pas un score aléatoire .....	28
Hypothèse 2 : la synchronie est plus faible en situation de conflit qu'en situation non conflictuelle ? .....	29
Hypothèse 3 : la synchronie est plus faible chez les sujets insécurisés que chez les sujets sécurisés ? .....	30
Hypothèse 4 : la synchronie est plus faible chez les sujets alexithymiques ? .....	30
Modèles mixtes .....	31
Discussion .....	32
Problèmes techniques .....	33
Configuration .....	33
Puissance de l'étude .....	36
Qualité de la vidéo : Entrelacement .....	36
Plan expérimental .....	37
Présence réelle et intensité du conflit .....	37
Calcul de la synchronie et analyse .....	38
Perspectives .....	39
Améliorer la mesure du mouvement .....	40
Extraction de la parole .....	41
Physiologiques .....	42
Applications aux psychothérapies .....	43
Comment améliorer la réplicabilité des analyses, permettre des data challenges tout en respectant la confidentialité des sujets .....	44
Conclusion .....	45
Bibliographie .....	47
Liens hypertextes, URL .....	48
Présentations du travail .....	49

## **Introduction**

### **1. Pourquoi évaluer la qualité de la relation et l'engagement de deux partenaires dans une interaction**

Cette étude a pour but d'évaluer de manière automatique la qualité de l'interaction entre deux sujets. Cette approche automatique pourrait permettre d'obtenir une évaluation plus objective de la qualité de relation interpersonnelle et d'objectiver les troubles de l'attachement. Nous utiliserons comme démonstration de faisabilité une base de donnée d'interaction parent-adolescent mesurant les réactions à une discussion conflictuelle en fonction de différents styles d'attachements et l'alexithymie des adolescents.

### **2. Attachement et qualité de la relation interpersonnelle**

Les troubles de l'attachement sont caractérisés par une difficulté à s'ajuster dans la relation avec l'autre. La juste distance à l'autre est alors difficile à trouver avec des épisodes de fusion avec l'autre et des épisodes de rejets. Nous faisons l'hypothèse que les situations conflictuelles sont particulièrement difficiles à gérer chez ces sujets. La théorie de l'attachement est issue des travaux du psychiatre britannique John Bowlby [1, 2] qui s'est basé sur des recherches en éthologie, et du phénomène d'empreinte découvert par Lorenz chez l'oiseau [3].

Cette théorie décrit les types de relations interpersonnelles entre humains. L'enfant apprend grâce aux premières interactions avec ses parents à sélectionner des comportements de confiance et d'approche. La recherche de proximité, de réconfort de l'autre et l'apprentissage que celui-ci est fiable s'oppose alors à des comportements alternatifs de combat et de fuite. Les figures d'attachements sont habituellement les parents. Les premières expériences interpersonnelles seraient particulièrement importante dans cet apprentissage [4]. Les individus sûres peuvent plus compter sur les autres et explorer de manière sécurisée leur environnement. Ils ont des a priori plus

positifs sur leurs semblables. Un attachement sûr permettrait de mieux réguler ses émotions, les conflits et de se sentir plus en sécurité. D'un point de vue évolutionniste, ces comportements de recherche de proximité avec un proche permettent de favoriser sa survie. Un attachement insûr est lié à une mauvaise santé mentale chez l'enfant [5, 6] et chez l'adulte [7, 8, 9, 10].

## 2. Pourquoi utiliser la synchronie comme marqueur de la qualité des relations interpersonnelles

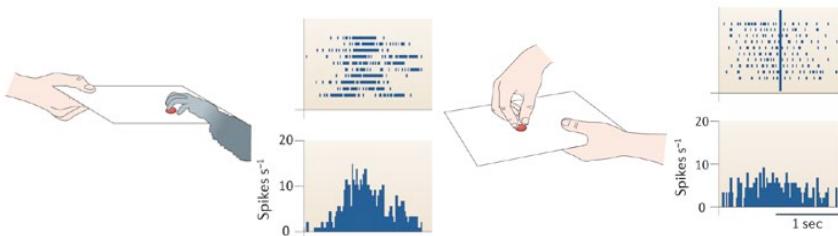
### Empathie

**L'empathie** est une fonction cognitive déterminante dans les relations humaines. Elle se définit par la possibilité de comprendre le point de vue de l'autre et d'exprimer que l'on a compris ce point de vue [11]. Nous faisons l'hypothèse dans ce cadre de recherche que des processus de synchronisation et d'imitations sont impliqués dans cette fonction. Il est nécessaire de la distinguer de la sympathie qui est un phénomène de partage d'émotion et la compréhension de ce point de vue mais sans capacité à prendre du recul ce qui ne permet pas une relation d'aide nécessaire en relation thérapeutique par exemple. Certains auteurs font la distinction des processus d'empathie cognitifs et des processus affectifs (comme la contagion émotionnelle) qui seraient plus automatiques. On a retrouvé des processus d'imitation dans les processus de contagion émotionnelle [13].

### Neurones miroirs et imitation dans la relation sociale

La théorie des neurones miroirs propose que des mêmes neurones sont impliqués dans le processus de perception et de réalisation d'un comportement spécifique (14, figure 1). Des auteurs ont proposé que ces types de neurones miroirs et l'imitation pourraient être

impliqués dans le mécanisme d'empathie, c'est à dire la capacité à comprendre la perspective et les émotions de l'autre [15].



**Fig. 1. La réalisation d'une action et la perception de cette action active de manière similaire les neurones miroirs du macaque, Rizzolatti, 2008 [14]**

### Imitation dans les détections d'émotions

Le [Reading the Mind in the Eyes Test - RMET](#) (test de lecture de l'esprit dans les yeux, Fig. 2, url 1) a été développé par Baron Cohen et al [16]. Il permet de mesurer les capacités de reconnaissance émotionnelles et donc d'empathie.



**Fig. 2 Planche-Question du Reading the Mind in the Eyes Test, Baron Cohen et al, 2001**

Neal, Chartrand [17] ont demandé à des sujets d'évaluer l'expression émotionnelle des visages de ce test dans différentes conditions expérimentale. Dans une condition, on injectait de la toxine botulinique dans les muscles du visage des sujets. Celle-ci avait comme effet de paralyser temporairement l'expression faciale des sujets. Dans la condition contrôle, une substance inerte était injectée. Les sujets ayant reçu de la toxine botulinique ne pouvaient plus exprimer d'émotions sur leurs visages avaient des performances dans le RMET chutées. Dans une deuxième expérience, une substance restrictive (rigide) étaient appliquée sur le visage des sujets ou sur leurs bras. Les sujets

avec la substance restrictive sur le visage avaient une meilleure performance mais pas ceux qui l'avaient sur les bras. Les performances de reconnaissance de l'émotion dans la voix et les performances de calcul étaient préservées. Par ailleurs, une mesure des contractions des muscles faciaux par électromyographie montrerait de plus grandes capacités d'imitations chez des sujets empathiques que chez des sujets moins empathiques [18].

Ceci conforte l'idée que l'imitation des émotions faciale d'un visage présenté est primordiale dans la détection des émotions de l'autre préalable à l'empathie.

### **L'imitation facilite les interactions positives (voir revue : [19])**

L'imitation est un processus inconscient et spontané dans les relations sociales qui est lié aux interactions positives. Lors d'une interaction sociale, les expressions de visage [17], les postures [20, 21, 22], l'accent [23], la prosodie [24] sont souvent imitées. Des participants se touchent plus souvent quand la personne en face se touche (25, étude 1). Le rire[26, 27], les bâillements [28], les consommation d'alcool [29] et de tabac [30] sont souvent influencés par le comportement des autres et imités.

Chartrand and Bargh (25, étude 2) montrèrent que l'imitation est associée avec une évaluation plus positive de l'imitateur. Cet effet a été répliqué même quand l'imitateur est un agent virtuel (avatar) [31]. L'imitation est impliquée dans le lien affectif avec l'autre. Yabar, Johnston, Miles et Piles [32] ont montré que des participants imitaient plus facilement des sujets qui faisaient partie de leur groupe que des sujets extérieurs à ce groupe. L'imitation est efficace pour séduire [33], pour augmenter les pourboires [34], pour obtenir un comportement d'aide spontané [35] ou pour parvenir à une meilleure négociation [36].

Il est possible que l'imitation soit une des premières formes de communication avant la communication verbale et qu'elle ait un avantage évolutif [37].

### **3. Limites méthodologiques de la psychologie expérimentale classique**

La plupart de ces expériences se font dans des conditions expérimentales contrôlées.

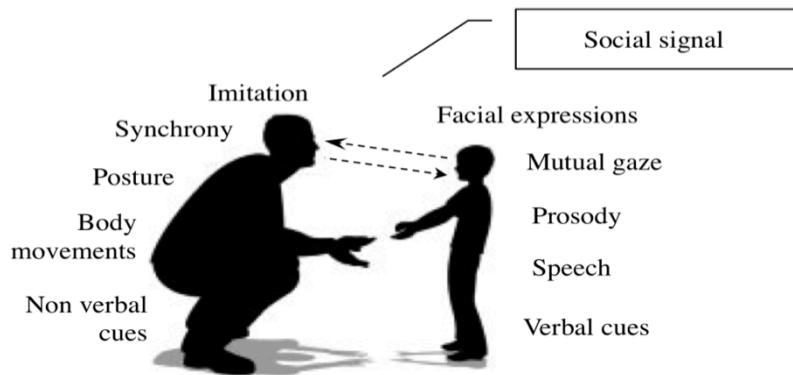
Cependant, il est difficile de contrôler tous les facteurs rentrant en compte dans une relation sociale et de changer uniquement une variable d'intérêt. Dans ces expériences, le sujet est souvent dans une situation artificielle. Par ailleurs, il est souvent nécessaire de masquer temporairement les véritable objectifs de l'expériences qui ne sont alors souvent révélé qu'à posteriori ce qui est contestable éthiquement. Une approche permettant la détection de l'imitation et donc de la synchronisation en milieu plus naturel serait pertinente.

### **4. Perspectives de recherche d'une analyse automatisées des relations sociales**

Nous proposons une autre approche en émergence qui permettrait à terme d'obtenir un recueil automatique de certains comportements ou paramètres physiologiques afin d'identifier les comportements et processus en jeu dans une relation interpersonnelle. Il serait alors possible au chercheur et au clinicien d'avoir par exemple une mesure automatique et objective de son comportement et de celui d'un patient ainsi que certains paramètres physiologiques de son patient. Certains indices pourraient être la direction du regard du patient et du clinicien, les rythmes cardiaques des sujets, les émotions exprimées des sujets, les mouvements et la synchronisation des mouvements des sujets (fig. 3). Ces signaux évalués et intégrés de manière pertinentes pourraient permettre de détecter facilement et de manière automatique les perturbations du comportement dans les troubles neuro-développementaux par exemple [38, 39].

Pour obtenir cet objectif à terme, il faudrait développer des outils automatiques permettant de décrire la qualité d'une relation sociale en utilisant une base de donnée annotée avec une qualité de la relation sociale bien explicitée par exemple.

De nombreux signaux sociaux pertinents pourraient être recueillis. Dans ce travail, nous proposons d'extraire la synchronisation des mouvements des différents sujets.



**Fig. 3. Différents signaux sociaux impliqués dans une relation interpersonnelle (d'après Chaby et al., 2012 [40])**

## 5. Utilisation de la synchronie comme marqueur pertinent des analyses automatisées

Le calcul de la synchronisation des signaux entre différents intervenants est un marqueur prometteur de mesure de la qualité de l'interaction. De nombreux concepts s'en approchent et la définition n'est pas consensuelle. Il est particulièrement difficile de passer d'une intuition clinique en pratique à un modèle mathématique. Selon Feldman, la synchronie est une adaptation dynamique et réciproque des comportements et états émotionnels des partenaires interactifs, d'un point de vue temporel et dyadique [41].

Des méthodes manuelles ont été initialement développées à partir de mesure d'interaction sur des vidéos. Une mesure de comportements est possible mais ces annotations sont laborieuses.

Actuellement, des méthodes automatiques sont utilisées. Ramseyer a montré que des

quantités de mouvements pouvaient être extraites automatiquement de vidéos de psychothérapies. La synchronisation de ces quantités de mouvement était un marqueur de la qualité de la psychothérapie (42, fig 4). Dans une méta-analyse de 42 études s'intéressant à la synchronie chez 4327 sujets, Mogan et al, ont montré que la synchronie avait un effet positif de taille modéré sur les comportements prosociaux, un effet positif de taille petite à modérée sur le lien social et la cognition sociale et un effet positif de petite taille sur les émotions positives [43]. Dans une revue de littérature, Harrist et al ont montré que la synchronie était pertinente dans le développement de l'enfant [44].

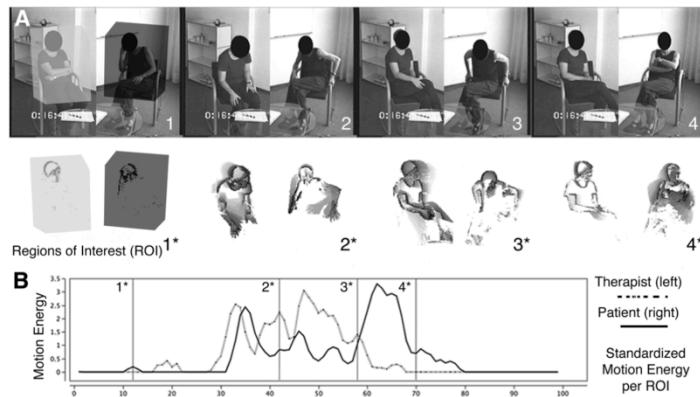


Fig. 1: Motion energy analysis (MEA).

**Fig. 4 Mesure des quantités de mouvement et des synchronisations thérapeutes patients sur des vidéos de psychothérapie (issu de Ramseyer & Tschacher, 2011 [42])**

L'objectif de ce travail est d'évaluer si la synchronie des quantités de mouvements peut être un marqueur de la qualité de la relation. Nous faisons l'hypothèse dans ce travail que la synchronie est un marqueur de la relation sociale pertinent. Nous faisons l'hypothèse que la synchronie n'est pas un score aléatoire (hypothèse 1). Elle serait plus basse en situation de conflit (hypothèse 2). Elle serait plus faible en cas d'attachement insécurisé (hypothèse 3). Elle serait plus faible en cas d'alexithymie notamment en cas de difficulté de perception des émotions (hypothèse 4).

## Démonstration de faisabilité: Base de données Monrado

### 1. Objectif de l'étude

L'objectif de l'étude Monrado est d'évaluer la réponse au conflit entre un parent et un adolescent en fonction de différents profils d'attachement. Deux phases expérimentales étaient prévues. Après que l'expérimentateur ait quitté la pièce, chaque dyade parent-adolescent devait parler d'un sujet quelconque. Après environ 5 minutes, l'expérimentateur revenait dans la salle et demandait à la dyade de parler d'un sujet conflictuel pendant 10 minutes. Ce sujet avait été choisi par l'adolescent seul pendant une étape préalable. Ces étapes étaient toujours dans le même ordre.

### 2. Critères d'inclusion

- Sujet de 13 à 18 ans, scolarisé et non hospitalisé,
- Parle français,
- Ne consomme pas du tabac >20 cigarettes par jour,
- Sans troubles visuels

La base de données a été enregistrée dans le but de mieux comprendre les styles d'attachements. Le recueil a été fait par Lauriane Coady Vulliez et Monika Szymanska à Besançon. La définition de l'hypothèse d'extraction de synchronie a été définie à posteriori de l'enregistrement des vidéos.

### 3. Matériel vidéo

Les deux participants étaient en face d'une caméra fixe dans une même pièce (fig. 5).



Fig. 5. Capture d'écran des vidéos d'interaction adolescent

Nous avons collecté une base de données de 85.48 Gb comportant 50 vidéos, avec une fréquence de 25 images par seconde.

Elles sont encodées dans le format Advanced Video Codec High Definition, AVCHD avec l'extension MTS. Les caractéristiques techniques d'une vidéo peuvent être extraites avec le logiciel [mediainfo](#) (url 2). Toutes les autres vidéos ont été réalisées avec la même caméra et la même équipe.

### Participants

Les interactions (N=34) sont comme prévues des interactions parents-adolescent. Les adolescent ont en moyenne 15,4 ans (DS : 2,0) et 26 (76%) sont des filles. Les parents sont en majorité des mères (N=28 ; 82%) (voir table 1).

### 4. Données psychométriques (ASI styles d'attachement, TAS20, STAI-Y, BDI)

Les données psychométriques sont recueillies lors d'un entretien préalable. Durant cet entretien, les adolescents doivent par ailleurs choisir un sujet de discussion conflictuel avec leur parent (autorisation de sortie, réalisation des tâches ménagères, se faire un piercing).

#### Style d'attachement ASI

L'échelle Attachment Style Interview for Adolescents (ASI-AD) est un entretien semi-directif qui offre aux adolescents l'opportunité de parler de leurs évènements de vie récent, de leurs relations proches (avec leurs parents ou amis), leurs réseaux de soutiens et comment ils se sentent lors de relations proches. (45, table I).

**Table I. Différents styles d'attachement selon l' Attachment Style Interview for Adolescents (ASI), selon Jacobs et al, 2012 [45]**

<b>Sécuré</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Deux figures d'attachement ou plus avec une confiance complète</li><li>confiance en soi flexible, montre des signes d'autonomie mais est aussi capable de demander de l'aide</li><li>Manque d'attitudes négatives comme une méfiance, de la colère ou de la peur</li></ul>
<b>Anxieux-empêtré</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Manque de soutien efficace, relations superficielles sans possibilité de se confier</li><li>Style dépendant avec une faible confiance en soi</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grand besoin de compagnie et peur de séparation</li> <li>• Colère présente parfois montrant de l'ambivalence</li> </ul>
<b>Anxieux-peureux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque de relations sociales proches liés à un manque de confiance et sans capacité de se confier</li> <li>• Evitement des relations par peur d'être abandonné</li> <li>• Grande peur de rejet</li> <li>• Solitaire mais en attente d'intimité</li> </ul>
<b>Evitant-En colère-méprisant</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque de support proche, interactions avec de la colère sans possibilité de se confier</li> <li>• Grande méfiance et grande autonomie</li> <li>• Grand besoin de contrôle et d'autonomie</li> <li>• Colère et conflits dans les relations</li> </ul>
<b>Evitant- retiré</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque de support proche causé par un détachement, une absence de confiance</li> <li>• Haute confiance en soi et barrières pour des relations proches</li> <li>• Besoin de limites et d'intimité</li> <li>• Pas d'expressions émotionnelles dans les relations</li> </ul>
<b>Désorganisé ou style d'insécurité duel</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manque de support avec plus d'un style insécu're évident</li> <li>• Combinaison des styles anxieux et évitants</li> <li>• Contradiction dans le besoin d'approcher les autres, peur et colère envers les autres</li> </ul>

### Echelle d'alexithymie TAS20

L'échelle TAS20 (Toronto Alexithymie Score- Score d'alexithymie de Toronto) a été développée par Taylor (1986) [46]. Elle évalue le niveau d'alexithymie, c'est à dire la difficulté à percevoir ses propres émotions ou les émotions des autres.

Trois facteurs ont été retrouvés : Difficulté à décrire les émotions, difficulté à identifier les émotions, tendance des individus à orienter leur attention à l'extérieur [47].

### Echelle d'anxiété STAI-Y

L'échelle STAI-Y (State-Trait Anxiety Inventory - Inventaire forme Y de l'anxiété Trait et Etat) de Spielberger, 1989 [48] est une auto-évaluation de l'anxiété. C'est l'un des auto-questionnaires les plus utilisés pour l'évaluation de l'anxiété. Elle distingue l'anxiété à un moment donné (état A) et l'anxiété habituelle (trait B).

## Echelle de dépression BDI

La Beck Depression Inventory est une échelle de dépression.

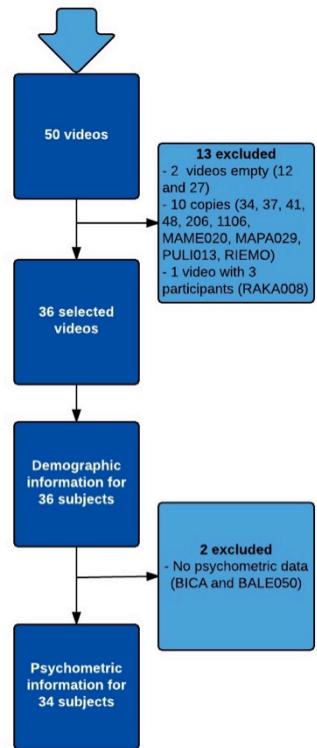
C'est un auto-questionnaire évaluant l'intensité de symptômes dépressifs après qu'elle ait été diagnostiquée cliniquement [49].

## Méthode

#### - Nettoyage de la base de donnée

Nous avons sélectionné les vidéos pertinentes avec des interactions parents-adolescent. Nous avons exclu les doublons

et vidéos sans données psychométriques. Nous avons aussi exclu une vidéo avec 3 participants difficilement comparable avec les autres dispositifs uniquement en dyade (Fig 6).

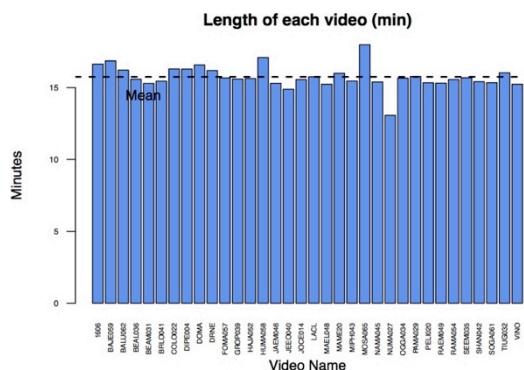


**Fig. 6. Diagramme de flux décrivant la sélection des données**

#### - Description de la base de données vidéo

## Durée des vidéos

La durée des vidéos est très similaire (Fig. 7), correspondant au plan expérimental de 5 min de conversations informelle et de 10 min de conversation conflictuelle.



**Fig. 7. Longueur des vidéos en minutes**

Dans la vidéo NUMA027, plus courte, les instructions n'ont pas été bien comprises par les deux sujets. La mère a quitté la salle avant la fin de la durée de l'expérimentateur.

## Contenu des vidéos

La base de données est de bonne qualité. Il n'y a pas de superposition entre les deux sujets. Tous les sujets qui prennent part à l'interaction sont filmés.

### - Annotation manuelle des périodes pertinentes avec la discussion pré-conflictuelle puis conflictuelle sur les vidéos d'interaction

Une annotation a été faite manuellement sur toutes les vidéos, en annotant:

- quand l'expérimentateur quittait la pièce et le début de l'interaction

Entre ces deux annotations, la discussion non conflictuelle

- quand l'expérimentateur revenait et demandait aux participants d'avoir une discussion conflictuelle sur un sujet décidé préalablement par l'adolescent.

- quand l'expérimentateur quittait la pièce et que la discussion conflictuelle commençait.

Entre ces deux annotations, la discussion conflictuelle

- Quand l'expérimentateur revenait pour éteindre la caméra

### - Extraction d'une image de début d'interaction

Nous avons extrait une image de début de l'interaction avec le script en python [Frames extractor](#) (Fig. 8, url 3) .



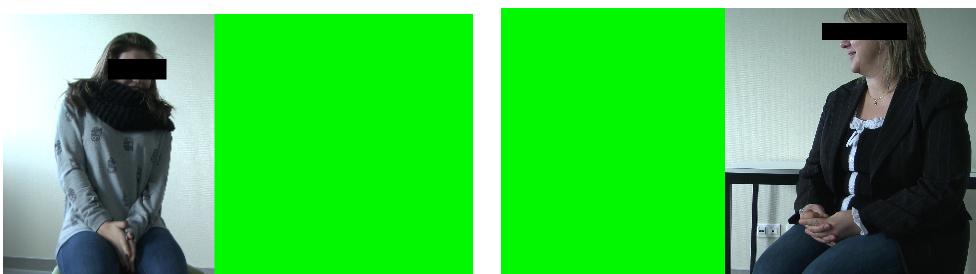
**Fig. 8. Capture d'écran des vidéos d'interaction parent-adolescent, en début d'interaction**

NB : Les zones en noir ayant été ajoutées sont les zones censurées pour respecter la

confidentialité des sujets.

### **Sélection des zones d'intérêt de la vidéo afin de créer un masque sur la partie de l'image non pertinente**

Sur chaque image de début d'interaction, nous avons sélectionné la région d'intérêt de la vidéo pour chaque sujet en masquant la partie non pertinente avec le logiciel [PaintBrush](#) 2 (fig. 9, url 4). Nous avons fait un deuxième masque pour le deuxième sujet de l'interaction.



**Fig. 9. Masque délimitant les régions d'intérêt de l'adolescent et la mère**

#### **- Conversion des vidéos du format MTS vers AVI**

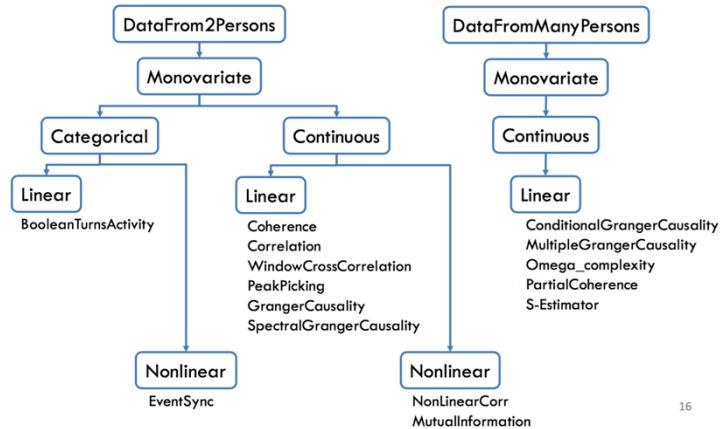
Les vidéos ont ensuite été converties en AVI (Audio Video Interleave, Imbrication Audio Vidéo) avec le script converting video à partir du module [FFMPEG](#) (url 5).

#### **- Extraction des quantités de mouvement avec un script en C++**

Les masques définissent une région d'intérêt sur laquelle le degré de changement des pixels entre deux images (soit 25 fois par seconde) peut être extrait à partir de chaque vidéo. Le script [motionHistoryExtractor.cpp](#) en C++ (url 6) permet d'extraire ces quantités de mouvement qui sont le reflet des mouvements du sujet.

#### **- Adaptation des scripts SyncPy en python, calcul de la synchronie des quantités de mouvement.**

Notre équipe a développé un projet [Syncpy](#) (50, url 7) qui permet de calculer les scores de synchronie entre des signaux de types différents (discrets, continu, provenant de deux personnes ou plus, Fig. 10).



**Fig. 10. Différents types de calculs de la synchronie, d'après Varni et al, 2015 [50]**

Pour une première base de donnée sur les psychothérapies d'une thérapie familiale, nous avions adapté le script [S\\_Estimator](#) (url 8) qui permet de calculer la synchronie sur des données (ici quantité de mouvement) continues, linéaires sur plus de deux sujets. Nous avons réutilisé cette même méthode pour deux sujets uniquement, sur les conseils des ingénieurs.

#### - Définition de la synchronie utilisée

Pour calculer la synchronie, nous avons utilisé un algorithme tiré de la théorie de l'information. Il permet de fabriquer une matrice de corrélation sur les séries temporelles des quantités de mouvements standardisées (moyenne = 0 et déviation standard = 1). Par conséquent, seulement la forme du signal est pertinente. Ainsi, il calcule les valeurs propres de la matrice. Après la normalisation des valeurs propres, il peut calculer la synchronie à partir d'un type d'entropie.

Cet index varie entre 0 (pas de synchronie) et 1 (synchronie complète). Si tous les signaux sont identiques, le score de synchronie est égal à 1.

Une définition plus intuitive de la synchronie serait une simple corrélation. Sur chaque fenêtre de 5 secondes, si les quantités de mouvements sont fortement corrélées entre elles, la synchronie est élevée. La fenêtre de calcul de ces scores est de 5 secondes, paramètre fixé en fonction d'autres études proches [51].

#### - Analyse des scores de synchronie en fonction des périodes annotées

Par la suite, nous avons comparé les scores de synchronies dans différentes conditions expérimentales et en fonction de différents profils psychologiques.

#### - Transparence et réplicabilité

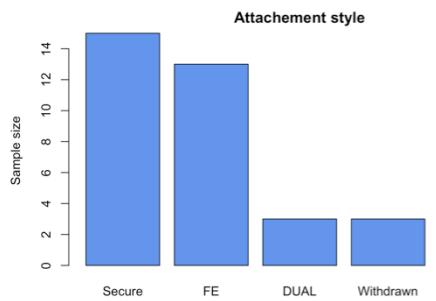
Les scripts d'extraction des images, de calcul de synchronie ont été codés en [Python](#) (url 9) et adaptés depuis SyncPy. Les analyses ont été faites avec le logiciel de statistique [R](#). (url 10) Les scripts et données calculées ont été publiés sur [GitHub](#) (url 11) afin de permettre la réutilisation du matériel et d'améliorer la réplicabilité de l'étude tout en veillant à préserver la confidentialité des sujets.

## Résultats

### Données psychométriques

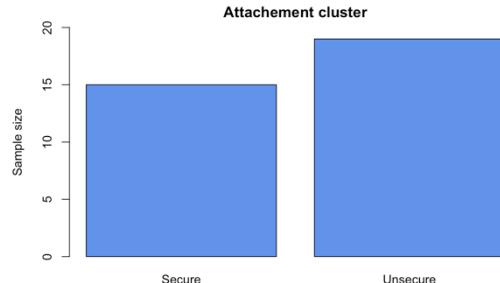
#### Style d'attachement (ASI-AD) (Fig. 11, 12)

Les attachements Secure (n =15 ; 44%) et Anxieux-empêtré (Fearful-Enmeshed, FE) (n= 13 ; 38%) sont les plus représentés. Nous pouvons aussi recatégoriser les sujets en sûres (n=15 ; 44%) et insécurites (n= 19 ; 56%).



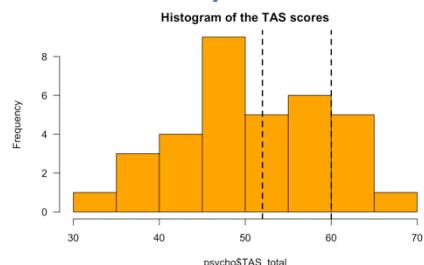
**Fig. 11. Effectifs de chaque type de style d'attachement**

FE: Fearful-Enmeshed,  
Anxieux-empêtré

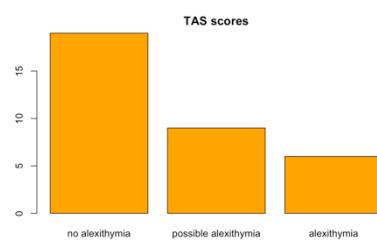


**Fig. 12. Effectifs dans chaque type de style d'attachement regroupés en sécures et insécuries**

### Score d'Alexithymie selon l'échelle TAS20 (Fig 13, 14)



**Fig. 13. Histogramme des scores d'alexithymie, TAS 20**



**Fig. 14. Effectifs des adolescents dans chaque catégorie d'alexithymie délimitée par la TAS (absence, possible, effective)**

- 19 des adolescents n'ont pas d'alexithymie, 6 ont une alexithymie, 9 ont une alexithymie possible.
- TAS total m (moyenne) = 51,3 (SD, écart-type : 8,9)
- TAS Détection des émotions m=15,1 (SD:4,6)

### Score d'anxiété trait et état selon l'échelle STAI

L'anxiété à un moment donné STAYIA m = 35,5 (SD: 7,44) et l'anxiété habituelle (trait Y-B) STAYIB m = 42,7 (SD: 8,8) sont faibles.

### Score de dépression selon l'échelle BDI

Les adolescents de cette étude n'ont pas de dépression. Ceci est confirmé par la BDI. On ne trouve un score de dépression léger que chez 3 des sujets.

### Caractéristiques des patients (N=34 interactions, table II)

**Table II. Données démographiques et psychométriques**

(Variables catégorielles : effectifs et pourcentages ou variables continues : moyennes et déviations standards)

Données démographiques		
Filles Garçons	n=26 (76%) n=8 (24%)	<p>Sex repartition, adolescents</p>
Sexe des parents présents	Mères (n=28 ; 82%) Pères (n=6 ; 18%)	<p>Sex repartition, parents</p>
Age	m= 15.7 ans (SD : 0.92)	<p>Histogram of the age of the teenagers</p>
Durée des vidéos	m= 15,75 min (SD : 0,79)	<p>Length of each video (min)</p>

<b>Style d'attachement</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Secure (n=15; 44%)</li> <li>Fearful-Enmeshed (FE) (n=13 ; 38%)</li> <li>Withdrawn (n=3 ; 9%)</li> <li>Dual (n=3 ; 9%)</li> </ul>	<p><b>Effectif par style d'attachement</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Style d'attachement</th> <th>Effectif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Secure</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>FE</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>DU</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Withdrawn</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table>	Style d'attachement	Effectif	Secure	14	FE	11	DU	3	Withdrawn	3																								
Style d'attachement	Effectif																																			
Secure	14																																			
FE	11																																			
DU	3																																			
Withdrawn	3																																			
<b>Echelle de dépression (BDI)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>BDI : m= 5,9 (SD:4,5)</li> <li>minimal : (n=30 ; 91%)</li> <li>léger : (n = 3 ; 9%)</li> <li>modéré et sévère : (n=0 ; 0%)</li> </ul>	<p><b>Histogram of the BDI scores</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>BDI Range</th> <th>Frequency</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0-10</td> <td>~7</td> </tr> <tr> <td>10-20</td> <td>~4</td> </tr> <tr> <td>20-30</td> <td>~2</td> </tr> <tr> <td>30-40</td> <td>~1</td> </tr> <tr> <td>40-50</td> <td>~1</td> </tr> <tr> <td>50-60</td> <td>~1</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>BDI (depression state)</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>State</th> <th>Frequency</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Minimal</td> <td>~30</td> </tr> <tr> <td>Mild</td> <td>~5</td> </tr> <tr> <td>Moderate</td> <td>~1</td> </tr> <tr> <td>Severe</td> <td>~1</td> </tr> </tbody> </table>	BDI Range	Frequency	0-10	~7	10-20	~4	20-30	~2	30-40	~1	40-50	~1	50-60	~1	State	Frequency	Minimal	~30	Mild	~5	Moderate	~1	Severe	~1										
BDI Range	Frequency																																			
0-10	~7																																			
10-20	~4																																			
20-30	~2																																			
30-40	~1																																			
40-50	~1																																			
50-60	~1																																			
State	Frequency																																			
Minimal	~30																																			
Mild	~5																																			
Moderate	~1																																			
Severe	~1																																			
<b>Echelle d'anxiété (STAI-Y A :Trait et B: Etat)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>STAIY-A m = 35,5 (SD: 7,44)</li> <li>STAIY-B m = 42,7 (SD: 8,8)</li> </ul>	<p><b>Histogram of the STAIY-A scores</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>STAIY-A Range</th> <th>Frequency</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25-30</td> <td>~8</td> </tr> <tr> <td>30-35</td> <td>~10</td> </tr> <tr> <td>35-40</td> <td>~8</td> </tr> <tr> <td>40-45</td> <td>~3</td> </tr> <tr> <td>45-50</td> <td>~1</td> </tr> <tr> <td>50-55</td> <td>~1</td> </tr> <tr> <td>55-60</td> <td>~1</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>STAIY-B</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>STAIY-B Range</th> <th>Frequency</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>30-35</td> <td>~8</td> </tr> <tr> <td>35-40</td> <td>~2</td> </tr> <tr> <td>40-45</td> <td>~12</td> </tr> <tr> <td>45-50</td> <td>~4</td> </tr> <tr> <td>50-55</td> <td>~4</td> </tr> <tr> <td>55-60</td> <td>~1</td> </tr> <tr> <td>60-65</td> <td>~1</td> </tr> <tr> <td>65-70</td> <td>~1</td> </tr> </tbody> </table>	STAIY-A Range	Frequency	25-30	~8	30-35	~10	35-40	~8	40-45	~3	45-50	~1	50-55	~1	55-60	~1	STAIY-B Range	Frequency	30-35	~8	35-40	~2	40-45	~12	45-50	~4	50-55	~4	55-60	~1	60-65	~1	65-70	~1
STAIY-A Range	Frequency																																			
25-30	~8																																			
30-35	~10																																			
35-40	~8																																			
40-45	~3																																			
45-50	~1																																			
50-55	~1																																			
55-60	~1																																			
STAIY-B Range	Frequency																																			
30-35	~8																																			
35-40	~2																																			
40-45	~12																																			
45-50	~4																																			
50-55	~4																																			
55-60	~1																																			
60-65	~1																																			
65-70	~1																																			

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Echelle d'alexithymie (TAS20)</li> </ul> <p>- difficulté à décrire les émotions (DE)</p> <p>- difficulté à identifier les émotions (IE)</p> <p>- tendance des individus à orienter leur attention à l'extérieur (OAE)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>TAS total m=51,3 (SD:8,9)</li> <li>TAS DE m=15,1 (SD:4,6)</li> <li>TAS IE m=18,4 (SD:4,4)</li> <li>TAS OAE m=17,8 (SD:4,17)</li> </ul>	
--	---	--

### Quantité de mouvement

A partir des changements de pixels entre chaque image, on obtient une série temporelle de quantités de mouvement (par exemple Fig. 15). Elles sont le reflet des mouvements des sujets.

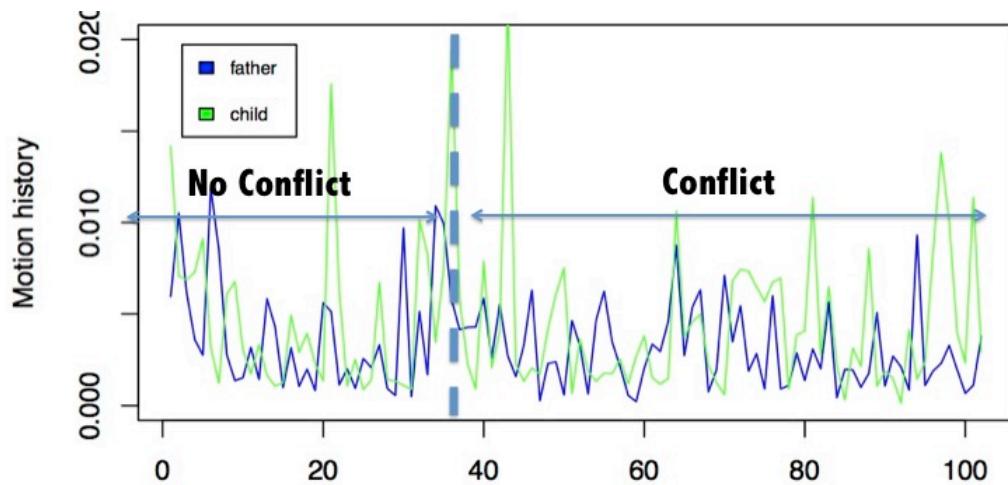


Fig. 15. Evolution des quantités de mouvements chez un père et un adolescent en fonction du temps dans les deux conditions expérimentales (sans conflit puis pendant conflit).

Il y a beaucoup de bruit sur ces données, nous avons développé un filtre en fenêtre glissante de 5 secondes, i.e. la quantité de mouvement sur une image a été remplacée par la moyenne des quantités de mouvement de 2,5 secondes avant et 2,5 secondes après, ainsi la fréquence du signal, 25 Hz a été conservée (Fig 16 et 17).

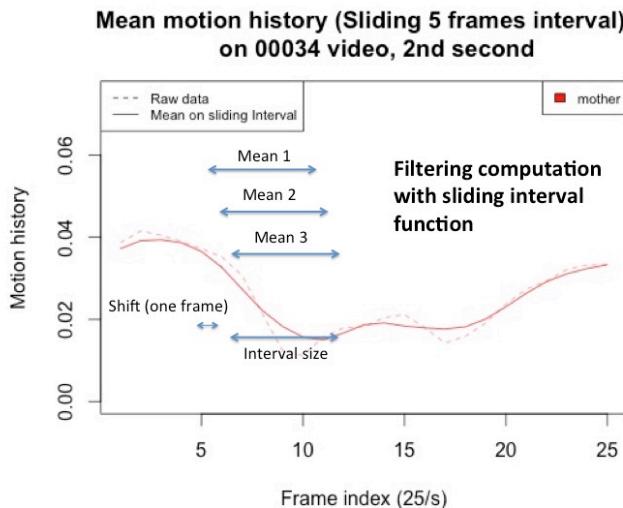


Fig. 16. Principe du filtre en fenêtre glissante

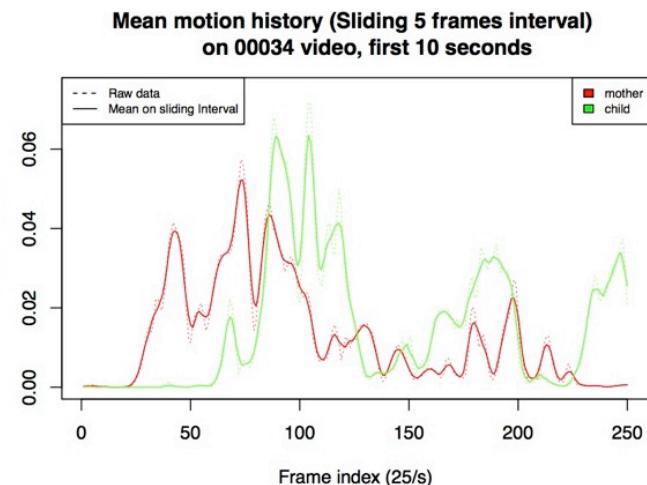


Fig. 17. Filtre appliqué sur deux sujets mère (en rouge) et adolescent (en vert) sur les données brutes (pointillées) qui permettent d'obtenir les données filtrées (traits pleins)

Nous pouvons comparer les quantités de mouvement des sujets (url 12). La distribution de cette quantité de mouvement est très asymétrique et déviée positivement (Fig 18). De nombreuses valeurs sont très faibles. Il existe quelques valeurs plus élevées plus rares. Les mouvements importants sont rares.

Quand nous calculons le logarithme de ces données, nous avons une distribution presque normale (Fig 19). Nous pouvons observer que ces quantités de mouvements sont assez comparables entre les adolescents et les parents (Fig 20).

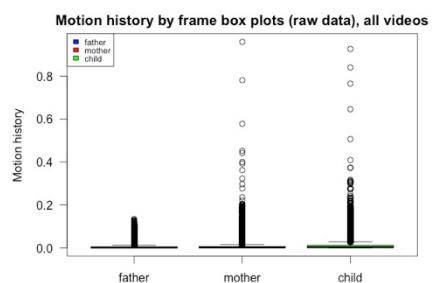


Fig. 18. Diagramme en boîte, Comparant les quantités de mouvements entre père, mère et adolescent

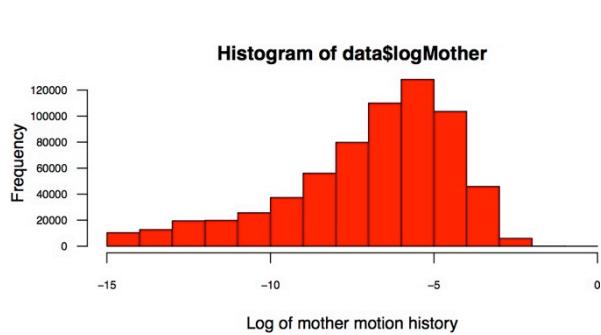


Fig. 19. Histogramme du logarithme des quantités de mouvement de la mère

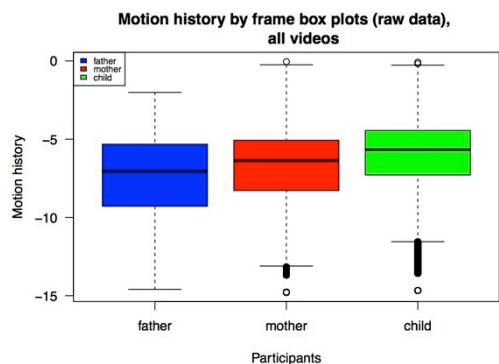


Fig. 20. Diagramme en boîte comparant les logarithmes des quantités de mouvement entre père, mère et adolescent

Nous pouvons ensuite facilement détecter les deux périodes de la vidéo. La première période sans et la deuxième avec conflit.

A partir de ces quantités de mouvement chez le parent et chez l'adolescent, nous avons mesuré les scores de synchronie (Fig. 21). Les analyses entre quantités de mouvement brutes et logarithmiques ne sont pas très différentes. Nous ne présenterons que les analyses sur les scores bruts.

Les médianes des scores de synchronie ont été comparées avant et pendant la situation conflictuelle.

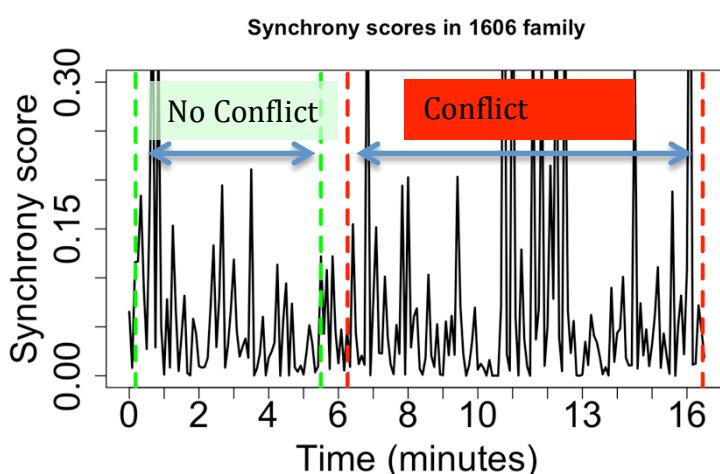
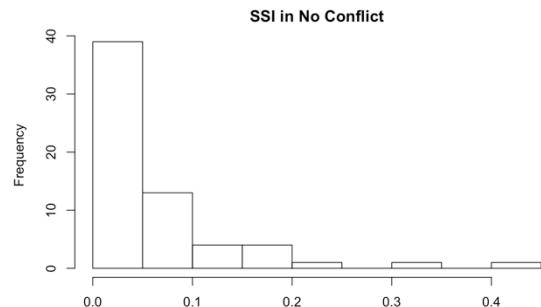


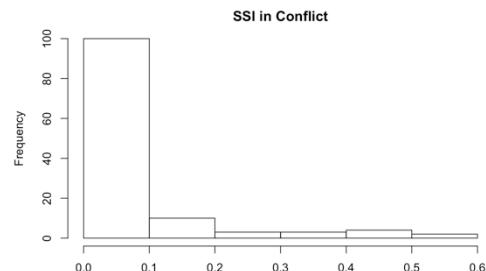
Fig. 21 Synchronie des quantités de mouvement entre le parent et l'adolescent dans la famille 1606. en fonction du temps. Période d'absence de conflit entre 0 et 5 min puis la période de conflit entre 6 et 16 minutes

Distribution des scores de synchronie dans les deux conditions expérimentales (Fig. 22,

Fig. 23)



**Fig. 22. Histogramme des synchronies en l'absence de conflit (distribution asymétrique)**



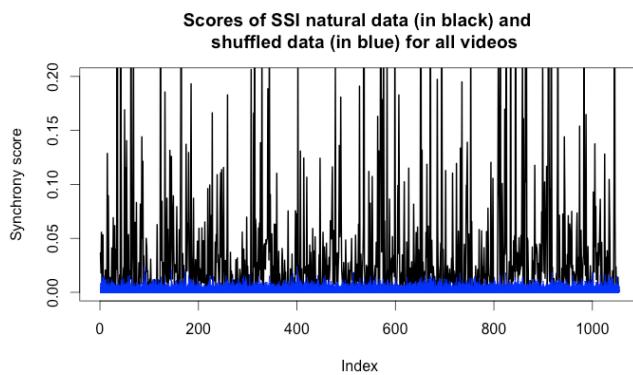
**Fig. 23. Histogramme des scores de synchronie en période sans conflit (distribution asymétrique)**

Noter les valeurs maximales plus grandes : 0,6

Comme les quantités de mouvement, les scores de synchronie sont très asymétriques et déviées positivement. Les scores de synchronie ont plus de chance d'être plus grands dans la condition conflit qui est deux fois plus longue (dans cet exemple de la première famille 1606, synchronie maximum dans la condition sans conflit = 0,41 ; synchronie maximum dans la condition conflit = 0,59). Les comparaisons des deux périodes devront donc utiliser une valeur peu modifiée par les valeurs extrêmes comme la médiane mais pas la moyenne.

### Hypothèse 1 : La synchronie n'est pas un score aléatoire

Pour tester l'intérêt clinique de ce score, nous avons effectué 100 tirages au sort des



**Fig. 24. Evolution temporelle des scores de synchronie en noir et des scores de pseudo synchronie en bleu en fonction du temps concaténé (toutes les vidéos étant mises à la suite)**

quantités de mouvement de l'adolescent (voir méthodologie de Ramseyer et Tschacher, 2010). Nous avons calculé le score de synchronie sur l'ensemble des vidéos (temps concaténé de toutes les vidéos ou à la suite en abscisse) avec les données naturelles (en noir) d'une part et les données dans un ordre tiré au sort (en bleu) d'autre part (Fig. 24). La comparaison entre la synchronie des interactions et les pseudo-synchronies des pseudo-interactions issues d'un mélange des quantités de mouvement aléatoire a montré que la synchronie était très différente de la pseudo-synchronie. La synchronie n'est donc pas un signal aléatoire.

### Hypothèse 2 : la synchronie est plus faible en situation de conflit qu'en situation non conflictuelle ?

Les valeurs maximales étant plus grandes dans la condition conflit (Fig 25, Fig. 26), nous avons utilisé la médiane pour agréger les scores de synchronie dans chaque condition et chaque famille et les comparer.

Après agrégation par médiane des scores de synchronie dans chaque condition expérimentale chez chaque sujet, nous avons comparé les scores de synchronie en situation conflictuelle et en situation non conflictuelle (Fig. 27).

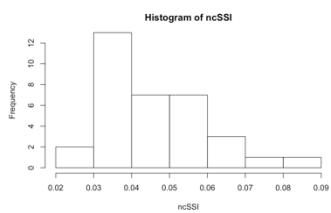


Fig. 25 Histogramme des scores de synchronie en condition non conflictuelle

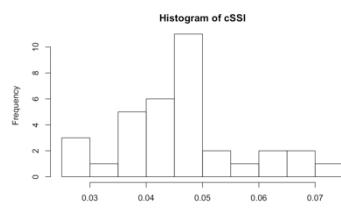


Fig. 26 Histogramme des scores de synchronie en condition conflictuelle

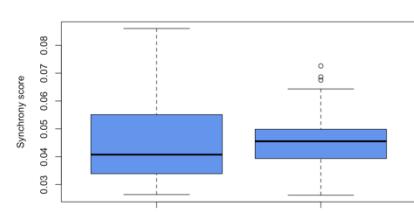


Fig. 27 Diagramme en boîte comparant les synchronies en condition d'absence de conflit et de conflit

Notre effectif dans chaque condition étant de 34, la distribution s'approche d'une loi normale, le rapport de variance est de 1.2, nous pouvons appliquer le test de student apparié:

$t = -0.27389$ ,  $df = 33$ ,  $p\text{-value} = 0.7859$

Il n'y a pas de différence significative entre la synchronie entre la phase conflictuelle et la phase non conflictuelle.

### Hypothèse 3 : la synchronie est plus faible chez les sujets insécuriques que chez les sujets sécuriques ? (Fig. 28)

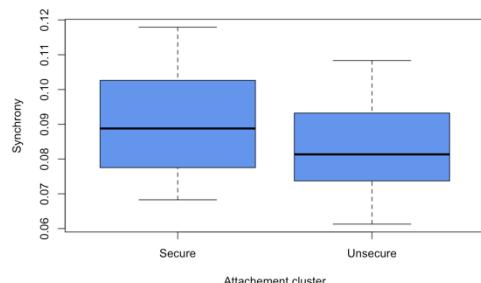


Fig. 28 Diagramme en boîte des scores de synchronie chez les sujets sécuriques et insécuriques

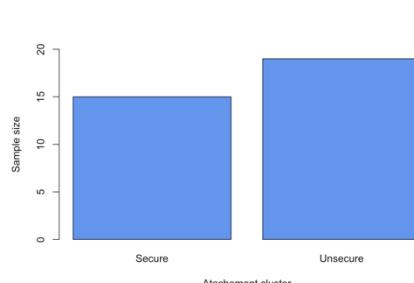


Fig. 29 Effectifs des sujets sécuriques et insécuriques

Nous utilisons le test de Wilcoxon car les effectifs (Fig. 29) dans chaque groupe sont inférieurs à 30

$W = 107$ ,  $p\text{-value} = 0.2281$

- Il n'y a pas de différence significative entre les synchronies entre les deux styles d'attachement.

### Hypothèse 4 : la synchronie est plus faible chez les sujets alexithymiques ?

- Score d'alexithymie global (Fig. 30)

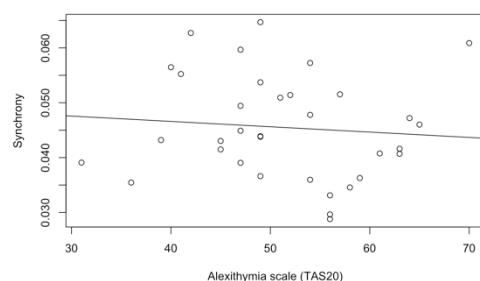
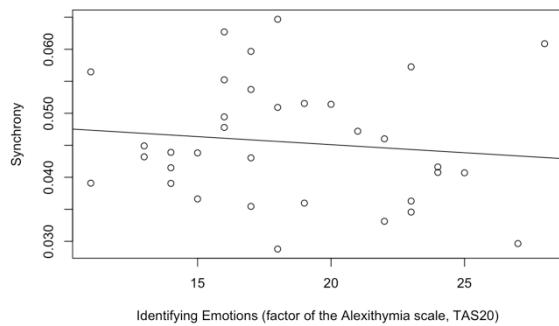


Fig. 30 Synchronie en fonction de l'échelle d'alexithymie TAS20

Test de student :  $t = -0.51472$ ,  $df = 32$ ,  $p\text{-value} = 0.6103$

Il n'y a pas de corrélation significative entre alexithymie et synchronie.

- Score d'alexithymie, facteur identification des émotions (Fig. 31)



**Fig. 31 Synchronie en fonction du facteur Identification des émotions de l'échelle d'alexithymie TAS20**

Cor.test:  $t = -0.66986$ ,  $df = 32$ ,  $p\text{-value} = 0.5077$

Il n'y a pas de corrélation significative entre facteur détection des émotions de la TAS20 et la synchronie.

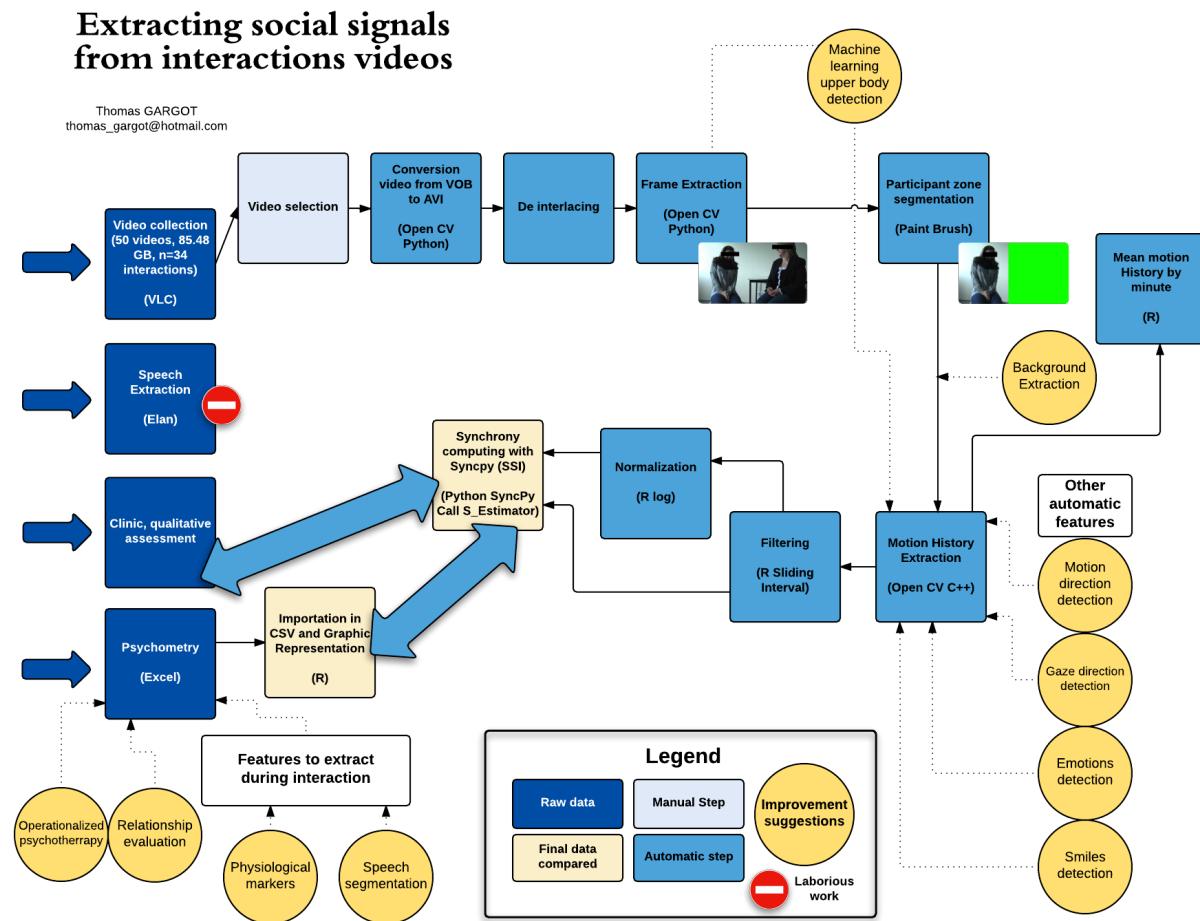
## Modèles mixtes

Le label de la vidéo (conflit ou non conflit) n'est pas significativement expliqué par la synchronie. `glmer(LabelVideo ~ SSI + (1|family), data=SSIPsycho, family=binomial, nAGQ=20)`

Un modèle plus complexe ajusté sur le sexe du parent, de l'adolescent, le groupe d'attachement n'est pas plus explicatif.

```
glmer(LabelVideo ~ SSI + (1|family) + ChildSex + ParentSex + attachement_cluster, data=SSIPsycho, family=binomial, nAGQ=20)
summary(mod)
```

**Figure récapitulative des différentes étapes de traitement d'image et du signal (Fig. 32)**



**Fig. 32 Figure récapitulative des différentes étapes d'analyse (carrés bleus) et suggestions d'amélioration (cercles orange)**

## Discussion

L'utilisation de la synchronie est pertinente dans l'analyse des interactions sociales. Elle est justifiée sur le plan théorique dans le cadre des théories impliquant l'imitation comme fonction nécessaire pour comprendre les émotions des autres et impliquant de meilleures relations sociales. Son calcul est facile mais implique une approche tenant compte de la spécificité des séries temporelles. Le score de synchronie des quantités de mouvement n'est pas aléatoire. Une analyse de pseudo-synchronie prenant un mélange des quantités de mouvement d'un des deux sujets montre que ces scores sont très différents du hasard. Il serait nécessaire de faire une deuxième analyse en prenant des

pseudo-interactions (adolescent 1-parent 2 puis adolescent 1-parent 3...) car les quantités de mouvements peuvent être très corrélés entre elles dans une même fenêtre temporelle ce qui peut avoir des effets sur le calcul de la synchronie. Nous n'avons pas trouvé de différence significative de synchronie entre les périodes sans et avec conflits ou entre différents profils d'attachement. De nombreux éléments techniques doivent encore être levés concernant la qualité des vidéos analysées. Il semble important dans le développement de ces méthodes d'extraction du signal social de pouvoir avoir des bases de données de bonne qualité technique mais aussi avec un contenu explicite psychométriques et avec des annotations plus pertinentes.

## Problèmes techniques

### Configuration et limites de cette base de données

Sur les vidéos analysées, les sujets ne sont pas toujours dans la même position les niveaux de zooms sont différents ce qui peut entraîner des difficultés dans leur comparaison (Fig 33).



Fig. 33 Présentation des différentes configurations dans les vidéos d'interaction

Contrairement aux dispositifs de Tschacher et al [52], il n'y a qu'une seule caméra et pas deux. Le fond n'est pas uni. Nous rappelons que la base de donnée n'a pas été recueillie dans ce but d'extraire du signal social. Les sujets ne regardent pas toujours la caméra.

Ceci peut être un problème dans la prise en compte des mouvements de leurs visages.

La même équipe Tschacher et al [52] et Ramseyer & Tschacher [51] proposent de ne chercher les scores de synchronie que sur les dyades de même sexe sans justifier ce choix. Nous avions ici une majorité de mère et d'adolescentes mais quelques hommes dans les interactions.

Tschacher et al, 2014 [52] comparent les synchronies dans 3 conditions coopératives, compétitives et ludique. L'ordre des conditions était randomisé. Il est possible que la dynamique simple de l'engagement entraîne une augmentation de la synchronie avec le temps, ceci irait à l'encontre de notre hypothèse que la synchronie est moins bonne pendant la période conflictuelle. Seule une randomisation de l'ordre des périodes aurait permis d'éviter ce facteur possiblement confondant.

Une analyse sur une précédente base de données de vidéos de psychothérapie (INCANT), non présentée ici a permis de relever certaines caractéristiques techniques à vérifier (Table III), celles-ci sont compatibles avec ceux de Tschacher et al, 2004 [52].

**Table III. Difficultés techniques retrouvées sur des vidéos d'interactions qui diminuent la qualité de l'extraction de la quantité de mouvement et de donc de la synchronie**

<b>Dispositif</b>	<b>Problème</b>	<b>Recommandation</b>
<b>Plusieurs vidéos de différentes caméras fusionnées sur une même vidéo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quantité de mouvement sur des niveaux de zooms différents non comparables</li> <li>- Superpositions des régions d'intérêts</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas d'association de vidéos en encart mais plusieurs caméras peuvent être utilisées</li> <li>- Même niveau de zoom si différentes caméras utilisées</li> <li>- Avoir le visage orienté face à la caméra pour reconnaître plus facilement les émotions et la direction du regard (avec une caméra par sujet si possible)</li> </ul>
<b>Date affichée sur la vidéo</b>	Changements de pixels causés par la date et non par les mouvements du sujet (flèche rouge)	Pas d'affichage de date ou affichage dans une région sans intérêt.
		
<b>Mouvements de la caméra</b>	Changements de pixels causés par le mouvement de la caméra et non par les mouvements du sujet	Caméra fixe pendant la séance de psychothérapie
<b>Mauvais cadrage</b>	Perte d'information sur les mouvements d'un sujet (flèche bleue)	Corps entier
<b>Changement brutal de luminosité</b>	Changements de pixels causés par les changements de luminosité et non par les mouvements du sujet	Luminosité fixe
<b>Interruptions de séance</b>	Changements de pixels causés par des communications entre thérapeute et superviseur par téléphone ou changement de place des sujets et non par les mouvements du sujet	Annotation ou non enregistrement des interruptions des séances

## Puissance de l'étude

Il est possible que la puissance de l'étude soit insuffisante. L'étude de Tschacher et al [52], a évalué la synchronie chez 84 dyades. L'étude de Ramseyer et al [51] a évalué 70 dyades de relations de psychothérapies. Nous n'avons que 34 dyades, les résultats obtenus peuvent être expliqués par un manque de puissance de l'étude. L'étude de Leclère et al [53] n'analyse que 20 dyades mais avec des dispositifs de capteurs 3 Dimensions (3D) qui sont bien plus sensibles.

## Améliorations techniques à partir de cette base de donnée

### Entrelacement

Chaque image des vidéos (au rythme de 25 images par seconde) de la base de données Monrado comportait en fait 2 images fusionnées (entrelacées). Chaque image a une taille correspondant correspond à la moitié de l'image réelle. Ce mécanisme peut être la source de nombreux artefacts (figure 34) lors des mouvements rapides.

Il est possible de trouver des algorithmes qui permettent de diminuer cet entrelacement en diminuant malheureusement le nombre

d'image par secondes ou la résolution spatiale.

Ceci peut être fait par un logiciel libre comme

[Handbrake](#) (url 13).

### Extraction de l'arrière plan

Il pourrait être utile d'améliorer la qualité du mouvement obtenu en extrayant l'arrière plan pour améliorer la qualité du mouvement

([OpenCV](#)) (url1 4).

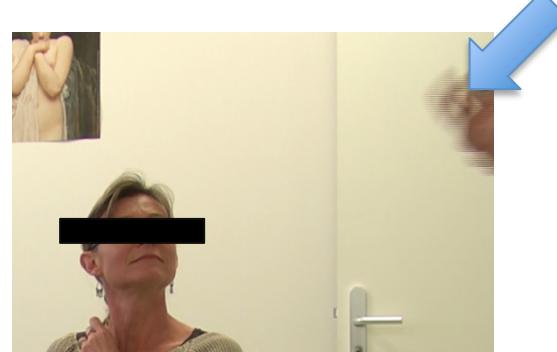


Fig 34. Artefact causé par une main en mouvement à cause d'un problème d'encodage de la vidéo (entrelacement)

## **Direction du regard**

Certains algorithmes sont capables de mesurer la direction de la tête qui est assez bonne approximation de la direction du regard. Cette direction du regard pourrait être un reflet de la qualité de la relation. L'évitement du regard est très bien décrit dans certaines pathologies comme la phobie sociale, l'autisme ou la schizophrénie. Subjectivement, l'évitement du regard a été retrouvé dans les vidéos lors de moments de de gênes ou de fortes angoisses de l'adolescent.

## **Plan expérimental**

### **Présence réelle et intensité du conflit**

Il aurait été nécessaire d'avoir une approche plus pragmatique sur l'annotation des vidéos. Les vidéos ont été annotées en fonction du plan expérimental et non en tenant compte du conflit tel qu'il apparaît en pratique. Certaines dyades ont des difficultés à trouver des sujets conflictuels. Certaines dyades ont des échanges sur quelques thématiques conflictuelles dans la première phase "On parle déjà d'un sujet de désaccord".

Nous avons pu noter que le conflit n'était pas en permanence authentique et intense. Par ailleurs, paradoxalement, les sujets semblent plus engagés et focalisés dans la discussion lors de la situation conflictuelle. Ils cherchent à convaincre l'autre et sont alors très attentifs aux arguments échangés. La discussion non conflictuelle peut-être par contre plus artificielle. Les sujets sont parfois à la recherche de sujets d'échanges sans que l'engagement dans la conversation soit fort. Les sujets sont plus nombreux. Ils peuvent décrire les premières étapes de l'expérience ce qui peut mettre l'adolescent parfois dans un état de scepticisme voire de malaise "On m'a demandé de réagir à des images présentées sur un ordinateur, c'était étrange".

## Affiner la notation

Lorsque les annotations sont subjectives et laborieuses, il est possible d'utiliser des stratégies de science participative (crowd sourcing comme [crowdflower](#) (url 15). On demande à des sujets de regarder des vidéos en ligne et de les annoter en échanges de crédit universitaires ou d'une rémunération. Il serait intéressant de demander à des observateurs extérieurs, en aveugle de l'objectif de l'étude d'évaluer le début de l'interaction conflictuelle et l'intensité du conflit. Cette stratégie a été utilisée par un de nos collègues pour annoter les manifestations observables de stress chez des sujets (54, 55, Fig. 35).

By undertaking this job, you declare that you understand, agree and fully accept to abide to the conditions listed in the instructions  
I have read and agree the conditions above.



Please tick in the appropriate box(es).

1 - Do you think this person is stressed?  
Not stressed      1      2      Stressed  
•

2 - How stressed is the person in this video?  
Not stressed at all      1      2      3      4      5      Very stressed  
•

3 - How confident are you on your ratings?  
Not confident at all      1      2      3      4      5      Very confident  
•

Fig 35. Capture d'écran de la plateforme CrowdFlower d'après Aigrain, 2016 [54]

Il aurait été possible de considérer que la période conflictuelle est composée de différentes périodes, une période de blocage (freezing), de négociation, d'évitement. Une annotation plus précise des signes cliniques d'attachement et ses différentes composantes est prévue par l'équipe de Besançon avec l'échelle GPACS [56].

## Calcul de la synchronie et analyse

Lors des calculs de synchronie, un critère de 5 secondes de fenêtre a été proposé comme dans la littérature mais il pourrait être ajusté.

Le filtre permettant la diminution des bruits sur les quantité de mouvement pourrait être élargit sur une période plus grande que 5 secondes. Il serait possible par ailleurs, de

simplifier ce signal en posant un seuil permettant de comparer des périodes binaires avec et sans mouvements. Le script BooleanTurnsActivity de SyncPy permet de calculer ces scores de synchronie et d'obtenir en plus des informations complémentaires (durée de mouvement de chaque sujet, durée de mouvements conjoints, de pause pour chaque sujet et de pause pour les deux sujets).

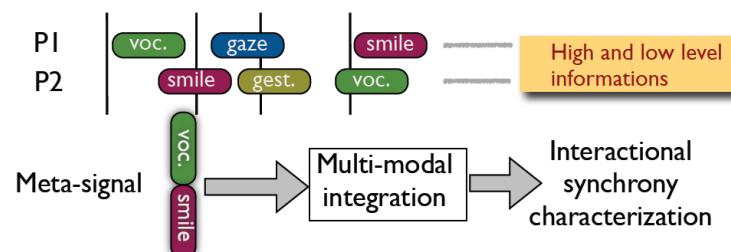
Le script S\_estimator a été utilisé. Il a été développé pour des interactions entre plus de deux sujets. Il serait nécessaire de vérifier que le résultat est identique avec un script cross corrélation développé pour uniquement deux sujets.

### Détection corporelle de la face ou de la partie supérieure du corps.

Nous pourrions utiliser une détection automatique du visage [57] ou du haut du corps avec des algorithmes d'apprentissage machine au lieu de segmenter manuellement les zones d'intérêt des sujets afin de permettre une annotation plus rapide et automatique.

## Perspectives

A l'instar de Delaherche [58], des analyses multimodales sont possibles (Fig. 36). Celles-ci sont probablement plus pertinentes pour évaluer la qualité d'un phénomène aussi complexe qu'une relation interpersonnelle. L'analyse de l'intégration de différentes modalités nécessite des modèles plus complexes comme l'apprentissage machine.



**Fig. 36.** Intégration multimodale de signaux de hauts et bas niveaux en signaux de synchronie (d'après Delaherche, 2010 [58])

L'approche se focalisant sur un processus connu et avec des hypothèses a priori diminue le nombre de variables pertinentes, améliore la puissance des études et limite les risques de faux positifs. La même problématique apparaîtra si

50 séries temporelles de signaux différents sont extraites sur des vidéos d'interactions, il sera difficile d'orienter l'analyse en fonction d'hypothèses a priori et l'interprétation risque d'être complexe. Pour ces raisons, l'expertise des cliniciens et une démarche de science ouverte serait alors très pertinente.

Dans une analyse multimodale des conflits, l'analyse des mouvements de certaines régions faciales appelées unité d'action (action unit), des hochements de têtes, des prises de paroles et interruptions semblent particulièrement utiles [59].

### Améliorer la mesure du mouvement

Nous pourrions être beaucoup plus précis sur les mesures du mouvement en utilisant des outils de capture du mouvement. Il faut



toutefois essayer de garder des outils peu invasifs

Nous pourrions utiliser directement des outils peu onéreux

comme les **actimètres** [60]. Ces dispositifs ressemblant à des

montres peuvent se mettre sur les poignets, les bras, la taille, les chevilles (figure 37). Ils pourraient être pertinents par exemple pour mesurer le mouvement des mains mais ils ne prendraient pas en compte les mouvements de la tête ou du visage.

Fig. 37. Exemples d'actimètres sur les membres et le buste, d'après Wang et al, 2017 [60]

Un moyen très précis et très peu invasif sont les capteurs 3D, RGB-D (comme la **kinect**). C'est une caméra associée à un dispositif qui projette une lumière infrarouge qui permet de mesurer précisément la distance des objets dans une scène. La fréquence de signal est bien plus grande qu'avec une caméra classique. Elle peut permettre de reconstruire des environnements et la forme d'un sujet en 3 dimensions. Une méthode plus invasive avec des marqueurs posés sur le corps du sujet comme des **Optitracks** peuvent par ailleurs

aider à reconstruire une représentation 3D du sujet (url 16).

### Extraction de la parole

Nous avions essayé dans un premier temps sur la base de données de psychothérapies de nous consacrer à la **synchronisation des prises de paroles des sujets**. Il est possible d'annoter ces prises de parole avec un logiciel comme [Elan](#) (Fig 38. url 18). La difficulté est que cette annotation peut être très laborieuse. Sur une première base de donnée étudiée, pendant une thérapie familiale avec le patient, 2 parents et le thérapeute, il est possible que 2 ou 3 personnes parlent en même temps. Parfois de simples bruits ou des mots courts peuvent être facilement émis avec des rôles dans la conversation très différents.

Il aurait été possible d'anticiper ce problème d'extraction de la parole en utilisant des microphones cravate qui auraient permis en posant un seuil d'intensité sonore d'annoter automatiquement la prise de parole de chaque personne. Il aurait ainsi été facile de mesurer la synchronie des prises de parole. Une extraction automatique des rires [61] serait très pertinente. Les rires par exemples semblent une stratégie très opérante dans les dyades où l'attachement est meilleur.

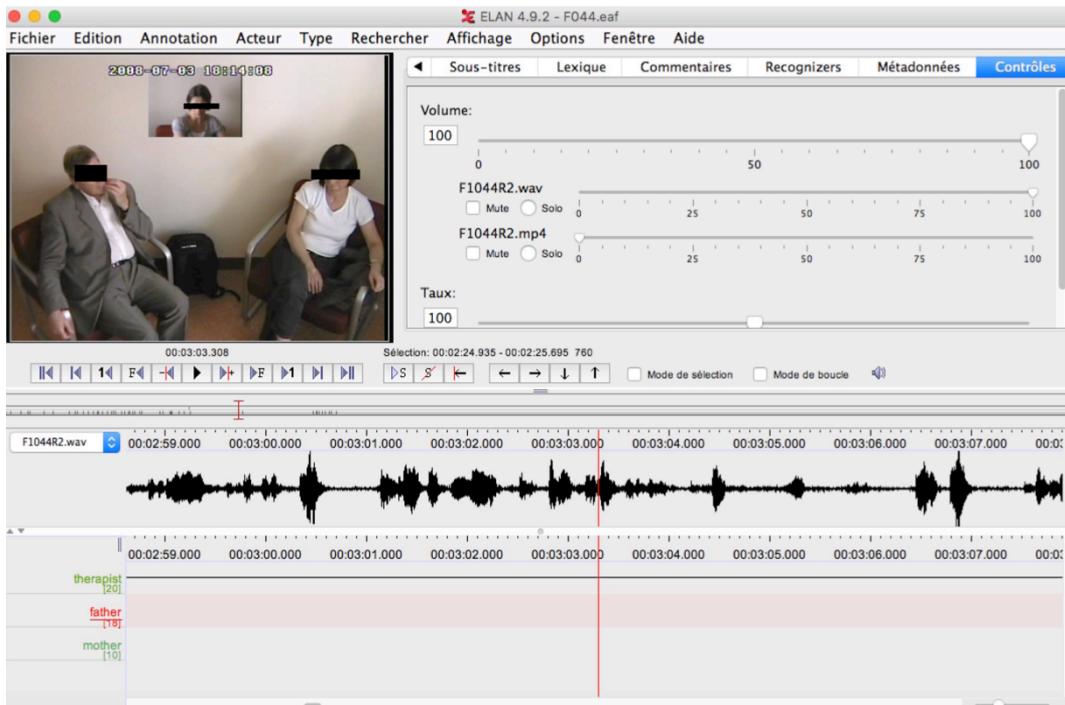


Fig. 38. Capture d'écran du logiciel élan permettant de faire des annotations de prise de parole

## Physiologiques

Des marqueurs physiologiques complémentaires peuvent être pertinents dans l'analyse de l'interaction (Table IV).

**Cortisol** : les niveaux de Cortisol est le marqueur du stress le mieux étudié. Certaines techniques de mesure sont peu invasives comme la mesure dans la salive [62].

**Ocytocine** : L'ocytocine pourrait être impliquée dans l'attachement et la confiance [63, 64]. Elle pourrait améliorer les compétences sociales des patients atteints de syndrome d'Asperger avec des difficultés sociales. Nous pouvons imaginer d'évaluer la relation et la synchronie de sujets normaux et Asperger avec et sans ocytocine . La vasopressine est un autre neuro peptide impliqué dans ces mécanismes [65].

**Fréquence cardiaque** : Elle peut être mesurée directement avec un cardiomètre ou indirectement de manière non invasive sur des vidéos avec des systèmes comme Lambda (url 17).

**Activité électrodermale** : Cette activité est pertinente dans l'analyse du stress [66], par exemple dans les paradigmes de dissonance cognitive.

**Table IV. Résumé des signaux pouvant être extraits**

Type de données	Outils	
<b>Données psychométriques</b>	<a href="#">Limesurvey</a> , R, <a href="#">shinyapps</a>	Coût nul, recolte d'informations démographiques, cliniques et psychométriques, analyse possible en direct (url 19 et 20)
<b>Recueil des prises de paroles</b>	Micro-cravate	Faible coût, segmentation facile, recueil anticipé dans le schéma de l'étude
	Anotation avec le logiciel Elan	Travail manuel laborieux
<b>Direction de la tête</b>	Vidéo de l'interaction	Faible coût, pas de suivi du regard
<b>Recueil de l'activité émotionnelle</b>	Conductance cutanée	Faible coût, nombreux artefacts et facteurs confondants, invasif
	ECG, fréquence cardiaque,	Faible coût, accessible, invasif
	Fréquence respiratoire	Faible coût, invasif
<b>Recueil des mouvements du sujet</b>	Vidéo de l'interaction,	Nécessite contrôle de la luminosité, dispositifs comparables
	Capteurs RGB-D, de profondeur, (eg Kinect)	Précis, volume 3D des personnes, dispositif techniquement difficile à utiliser
	Actimètre (bracelet)	Coût modéré, peu invasif
<b>Recueil des expressions faciales du sujet</b>	Vidéo	Visages de près et de face, analyse en phase de développement
<b>Paramètres hormaux</b>	Cortisol Ocytocine, Vasopressine	Coût, peut être peu invasif (buvard) ou très invasif (prises de sang répétées)

### Applications aux psychothérapies

Il serait possible de développer cette idée d'analyse des signaux sociaux sur des vidéos de psychothérapie en utilisant des types de psychothérapies bien opérationnalisés comme les jeux de rôle d'affirmation de soi (Parler de soi, exprimer ses sentiments, être sincère, persister) [67]. Par ailleurs, les techniques d'entretien motivationnel [68] sembleraient particulièrement pertinentes dans ces domaines car elles se basent sur des

paradigmes d'amélioration de l'empathie en utilisant des techniques de répétitions, reformulations et résumés qui sont analogues aux capacités d'imitation que nous avons vues en introduction importantes dans les processus d'empathie. Les questions ouvertes, les valorisations sont aussi des outils facilement repérables. Il serait ainsi facile d'annoter des phases précises de la psychothérapie.

### **Comment améliorer la réplicabilité des analyses, permettre des data challenges**

#### **tout en respectant la confidentialité des sujets**

Tout un courant de la recherche notamment dans le domaine de l'informatique et en psychologie s'applique à améliorer la réplicabilité des études. Elle se base sur un principe de science ouverte. Ce courant propose de rendre les bases de données, les méthodes d'analyses, les modules logiciels utilisés les plus accessibles possibles afin d'améliorer la réplicabilité. Ce principe de réplicabilité étant un fondement de la démarche scientifique. Cette démarche est particulièrement importante dans une recherche exploratoire car des progrès peuvent être issus de l'optimisation de certaines démarches déjà développées par ailleurs ou comme dans ce cas probablement d'utilisation de bases de données d'une meilleure qualité technique avec des données psychométriques ou annotations plus pertinentes.

Nous avons essayé d'utiliser cette approche dans ce travail. De nombreux logiciels utilisés dans ce travail sont libres. Ils sont téléchargeables et utilisables par n'importe qui librement. Le code source est lisible. N'importe qui peut proposer des améliorations du logiciel en fonction de ses besoins.

Nous avons vu que d'autres chercheurs du laboratoire travaillaient sur la classification automatique de données préalablement annotées. Ils se basent sur de grandes bases de

données de bonne qualité technique et cherchent à développer les meilleurs classificateurs possibles. Ils partagent ces stratégies lors de compétitions de chercheurs "data challenges". Il serait nécessaire de développer de telles bases de données et ainsi de pouvoir comparer les performances de différentes techniques de classification [59]. Une difficulté dans ce cadre clinique est que ces données ne peuvent pas être partagées publiquement pour des raisons de confidentialité. Par soucis d'efficacité, il serait probablement plus utile de développer ces outils sur des bases de données non clinique de bonnes qualité techniques et bien annotées avant de s'intéresser à des bases de données cliniques plus pertinentes pour le clinicien mais pour lesquelles les technologies doivent encore se développer et s'harmoniser pour qu'apparaissent de bonnes pratiques d'analyse. Une autre approche serait de développer un système centralisé qui serait interrogable par les chercheurs sans téléchargement direct des données confidentielles. Des systèmes analogues de requêtes à partir de serveur centralisé sont déjà développés dans le projet human brain project qui propose aux chercheurs d'envoyer des requêtes à un [ordinateur neuromorphique](#) (url 21).

## Conclusion

Nous avons montré la pertinence théorique de s'intéresser à la synchronie comme marqueur de l'imitation qui serait un marqueur de bonne qualité d'une relation interpersonnelle. La synchronie de quantité de mouvement peut-être facilement extraite de vidéos d'interaction. Nous avons démontré la faisabilité de cette approche sur une base de données d'interaction parent et adolescent ayant différents profils d'attachement et d'alexithymie. Deux phases non-conflictuelle et non conflictuelle étaient annotées. La synchronie est très différente de la pseudo-synchronie issue de randomisation des quantités de mouvement d'un sujet de l'interaction. Cependant, nous

n'avons pas pu trouver de différence de synchronie entre les phases de conflits et sans conflits, en fonction des styles d'attachement ou en fonction des scores d'alexithymie des adolescents. Nous avons présenté un cadre de recherche utilisant des principes de science ouverte rendant notre démarche facilement réproductible.

## Bibliographie

- 1. Bowlby, J. (1982/1969). *Attachment and loss: Vol. 1. Attachment* (2nd ed.). New York: Basic Books.
- 2. Bowlby, J. (1973). *Attachment and loss: Vol. 2. Separation: Anxiety and anger*. New York: Basic Books.
- 3. Lorenz K. Der Kumpan in der Umwelt des Vogels; der Artgenosse als auslosendes Moment sozialer Verhaltensweisen. *J Ornithol*. 1935;83(2-3):137-215.
- 4. Feldman, R. (2015). Mutual influences between child emotion regulation and parent-child reciprocity support development across the first 10 years of life: implications for developmental psychopathology. *Development and psychopathology*, 27(4pt1), 1007-1023.
- 5. Greenberg M T, Speltz M L and DeKlyen M, 'The role of attachment in the early development of disruptive behavior problems', *Development and Psychopathology* 5:1-2, pp 191-213, 1993
- 6. Shaw S K and Dallos R, 'Attachment and adolescent depression: the impact of early attachment experiences', *Attachment & Human Development* 7:4, pp 409-24, 2005
- 7. Hammen C L, Burge D, Daley S E, Davila J et al, 'Interpersonal attachment cognitions and prediction of symptomatic responses to interpersonal stress', *Journal of Abnormal Psychology* 104:3, pp 436-43, 1995
- 8. Sable P, 'Disorders of adult attachment', *Psychotherapy* 34:3, pp 286-96, 1997
- 9. Dozier M, Stovall K C and Albus K E, 'Attachment and psychopathology in adult-hood', in Cassidy J and Shaver P R (eds), *Handbook of Attachment: Theory, research and clinical applications*, New York, NY: Guilford Press, 1999
- 10. Muller R T and Lemieuze K E, 'Social support, attachment, and psychopathology in high risk formerly maltreated adults', *Child Abuse and Neglect* 24:7, pp 883-900, 2000
- 11. Neumann, M., Edelhäuser, F., Tauschel, D., Fischer, M. R., Wirtz, M., Woopen, C., ... & Scheffer, C. (2011). Empathy decline and its reasons: a systematic review of studies with medical students and residents. *Academic medicine*, 86(8), 996-1009.
- 12. Baron-Cohen, S., Leslie, A. M., & Frith, U. (1985). Does the autistic child have a "theory of mind"? *Cognition*, 21(1), 37-46.
- 13. Hess, U., & Blairy, S. (2001). Facial mimicry and emotional contagion to dynamic emotional facial expressions and their influence on decoding accuracy. *International journal of psychophysiology*, 40(2), 129-141.
- 14. Rizzolatti, G., & Sinigaglia, C. (2008). *Mirrors in the brain: How our minds share actions and emotions*. Oxford University Press, USA.
- 15. Iacoboni, M. (2009). Imitation, empathy, and mirror neurons. *Annual review of psychology*, 60, 653-670.
- 16. Baron-Cohen, S., Wheelwright, S., Hill, J., Raste, Y., & Plumb, I. (2001). The "Reading the Mind in the Eyes" Test revised version: a study with normal adults, and adults with Asperger syndrome or high-functioning autism. *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 42(2), 241-251.
- 17. Neal, D. T., & Chartrand, T. L. (2011). Embodied emotion perception: Amplifying and dampening facial feedback modulates emotion perception accuracy. *Social Psychological and Personality Science*, 2, 673-678.
- 18. Sonnby-Borgström, M., Jönsson, P., & Svensson, O. (2003). Emotional empathy as related to mimicry reactions at different levels of information processing. *Journal of Nonverbal behavior*, 27(1), 3-23.
- 19. Gueguen, N., Jacob, C., & Martin, A. (2009). Mimicry in social interaction: Its effect on human judgment and behavior. *European Journal of Social Sciences*, 8(2), 253-259.
- 20. F.J. Bernieri, J.S. Reznick, R. Rosenthal : *Synchrony, pseudosynchrony, and dissynchrony: Measuring the entrainment process in mother-infant interactions*. *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 54, no. 2, pp. 243-253, 1988.
- 21. M. LaFrance : *Nonverbal synchrony and rapport: Analysis by the cross-lag panel technique*. *Social Psychology Quarterly*, vol. 42, no. 1, pp. 66- 70, 1979.
- 22. F.J. Bernieri, : *Coordinated movement and rapport in teacher student interactions*. *Journal of Nonverbal Behavior*, vol. 12, no. 2, pp. 120-138, 1998.
- 23. Giles, H., & Powesland, P. F. 1975. Speech style and social evaluation, London: Academic Press.
- 24. Cappella, J. N., & Panalp, S. 1981. Talk and silence sequences in informal conversations: III. Interspeaker influence, *Human Communication Research*, 7, pp. 117-132.
- 25. Chartrand, T. L., & Bargh, J. A. 1999. The chameleon effect: The perception-behavior link and social interaction, *Journal of Personality and Social Psychology*, 76, pp. 893-910.
- 26. Bush, L. K., Barr, C. L., McHugo G. J., & Lanzetta, J. T. 1989. The effects of facial control and facial mimicry on subjective reaction to comedy routines, *Motivation and emotion*, 12, pp. 120- 138.
- 27. Provine, R. R. 1992. Faces as releasers of contagious yawning: An approach to face detection using normal human subjects, *Bulletin of the Psychonomic Society*, 27, pp. 211-214.
- 28. Platek, S. M., Mohamed, F. B., & Gallup, G. G. (2005). Contagious yawning and the brain. *Cognitive brain research*, 23(2), 448-452.
- 29. Quigley, B. M., & Collins, R. L. 1999. Modeling of alcohol consumption: A meta-analytic review, *Journal of Studies on Alcohol*, 60, pp. 90-98.
- 30. Harakeh, Z., Engels, R., van Baaren, R. B., & Scholte, R. H. J. 2007. Imitation of cigarette smoking: An experimental study of smoking in a naturalistic setting, *Drug and Alcohol Dependence*, 86, pp. 199-206.
- 31. Bailenson, J. N., & Yee, N. 2005. Digital chameleons: Automatic assimilation of nonverbal gestures in immersive virtual environments, *Psychological Science*, 16, pp. 814-819
- 32. Yabar, Y., Johnston, L., Miles, L., & Peace, V. 2006. Implicit behavioral mimicry: Investigating the impact of group membership, *Journal of Nonverbal Behavior*, 30, pp. 97-113.
- 33. Guéguen N. 2007a. *100 petites expériences en psychologie de la séduction*, Paris, Dunod.
- 34. Van Baaren, R. B., Holland, R. W., Steenaert, B., & Van Knippenberg, A. 2003. Mimicry for money: Behavioral consequences of imitation, *Journal of Experimental Social Psychology*, 39, pp. 393-398.
- 35. Van Baaren, R. B., Holland, R. W., Kawakami, K. & Van Knippenberg, A. 2004. Mimicry and prosocial behaviour, *Psychological Science*, 14, pp. 71-74.
- 36. Maddux W. W., Mullen E. & Galinsky A. D. 2008. Chameleons bake bigger pies and take bigger pieces: Strategic behavioral mimicry facilitates negotiation outcomes, *Journal of Experimental Social Psychology*, 44, pp. 461-468.
- 37. Condon, W. S., & Sander, L. W. 1974 Synchrony demonstrated between movements of the neonate and adult speech, *Child Development*, 45, pp. 456-462.
- 38. Trevarthen, C., & Daniel, S. (2005). Disorganized rhythm and synchrony: Early signs of autism and Rett syndrome. *Brain and Development*, 27, S25-S34.
- 39. Marschik, P. B., Pokorny, F. B., Peharz, R., Zhang, D., O'Muircheartaigh, J., Roeyers, H., ... & Poustka, L. (2017). A Novel Way to Measure and Predict Development: A Heuristic Approach to Facilitate the Early Detection of Neurodevelopmental Disorders. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 17(5), 43.
- 40. Chaby, L., Chetouani, M., Plaza, M., & Cohen, D. (2012, September). Exploring multimodal social-emotional behaviors in autism spectrum disorders: an interface between social signal processing and psychopathology. In Privacy, Security, Risk and Trust (PASSAT), 2012 International Conference on and 2012 International Conference on Social Computing (SocialCom) (pp. 950-954). IEEE.
- 41. Feldman R. Parent-infant synchrony and the construction of shared timing; physiological precursors, developmental outcomes, and risk conditions. *J Child Psychol Psychiatry*. 2007;48:329–354.
- 42. Ramseyer, F. (2011). Nonverbal synchrony in psychotherapy: embodiment at the level of the dyad. *The Implications of Embodiment: Cognition and Communication*, 193-207.
- 43. Mogan, R., Fischer, R., & Bulbulia, J. A. (2017). To be in synchrony or not? A meta-analysis of synchrony's effects on behavior,

- perception, cognition and affect. *Journal of Experimental Social Psychology*, 72, 13-20.
- 44. Harrist, A. W., & Waugh, R. M. (2002). Dyadic synchrony: Its structure and function in children's development. *Developmental Review*, 22(4), 555-592.
  - 45. Jacobs, C., Ilan-Clarke, Y., & Bifulco, A. (2012). Caring about attachment in young people in residential care: The use of the Attachment Style Interview. *Community Care*, 1.
  - 46. Taylor GJ, Ryan DP, Bwby RM. Toward the development of a new self-report alexithymia scale. *Psychotherapy Psychomot* 1985; 44: 191-199.
  - 47. Zimmermann, G., Quartier, V., Bernard, M., Salamin, V., & Maggiori, C. (2007). Qualités psychométriques de la version française de la TAS-20 et prévalence de l'alexithymie chez 264 adolescents tout-venant. *L'encéphale*, 33(6), 941-946.
  - 48. Spielberger C.D. Manual for the State-Trait Anxiety Inventory (Form Y) ("Self-evaluation questionnaire"). Consulting Psychologists Press, Palo Alto, CA, 1983. , 1989
  - 49. Osman A, Barrios FX, Gutierrez PM, Williams JE, Bailey J (2008). Psychometric properties of the Beck Depression Inventory-II in nonclinical adolescent samples. *Journal of clinical psychology* 64(1): 83- 102.
  - 50. Varni, G., Avril, M., Usta, A., & Chetouani, M. (2015, November). Syncpy: a unified open-source analytic library for synchrony. In Proceedings of the 1st Workshop on Modeling INTERPERSONal SynchrONy And infLUence (pp. 41-47). ACM.
  - 51. Ramseyer, F., & Tschacher, W. (2010). Nonverbal synchrony or random coincidence? How to tell the difference. *Development of multimodal interfaces: Active listening and synchrony*, 182-196.
  - 52. Tschacher, W., Rees, G. M., & Ramseyer, F. (2014). Nonverbal synchrony and affect in dyadic interactions. *Frontiers in psychology*, 5.
  - 53. Leclère, C., Avril, M., Viaux-Savelon, S., Bodeau, N., Achard, C., Missonnier, S., ... Cohen, D. (2016). Interaction and behaviour imaging: a novel method to measure mother-infant interaction using video 3D reconstruction. *Translational Psychiatry*, 6(5), e816-. <http://doi.org/10.1038/tp.2016.82>
  - 54. Aigrain, J., Spodenkiewicz, M., Dubuisson, S., Detyniecki, M., Cohen, D., & Chetouani, M. (2016). Multimodal stress detection from multiple assessments. *IEEE Transactions on Affective Computing*.
  - 55. Tarasov, A., Delany, S. J., & Cullen, C. (2010). Using crowdsourcing for labelling emotional speech assets.
  - 56. Lyons Ruth et al., 2005. Goal Corrected Partnership Adolescent Scale Karlen Lyons-Ruth Katherine Hennighausen Bjarne Holmes Family Pathways Project Version 01/30/14
  - 57. Chellappa, R., Wilson, C. L., & Sirohey, S. (1995). Human and machine recognition of faces: A survey. *Proceedings of the IEEE*, 83(5), 705-741.
  - 58. E. Delaherche and M. Chetouani, "Multimodal coordination: exploring relevant features and measures," in Second International Workshop on Social Signal Processing, ACM Multimedia 2010, 2010. *Interpersonal Synchrony : A Survey Of Evaluation Methods Across Discipline*
  - 59. Bousmalis, K., Mehu, M., & Pantic, M. (2013). Towards the automatic detection of spontaneous agreement and disagreement based on nonverbal behaviour: A survey of related cues, databases, and tools. *Image and Vision Computing*, 31(2), 203-221.
  - 60. Wang, Z., Yang, N., Guo, M., & Zhao, H. (2017). Human-human Interactional Synchrony Analysis Based on Body Sensor Networks. *IEEE Transactions on Affective Computing*.
  - 61. Truong, K. P., & Van Leeuwen, D. A. (2007). Automatic discrimination between laughter and speech. *Speech Communication*, 49(2), 144-158.
  - 62. Teruhisa, U., Ryoji, H., Taisuke, I., Tatsuya, S., Fumihiro, M., & Tatsuo, S. (1981). Use of saliva for monitoring unbound free cortisol levels in serum. *Clinica Chimica Acta*, 110(2-3), 245-253.
  - 63. Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P. J., Fischbacher, U., & Fehr, E. (2005). Oxytocin increases trust in humans. *Nature*, 435(7042), 673-676.
  - 64. Heinrichs, M., & Domes, G. (2008). Neuropeptides and social behaviour: effects of oxytocin and vasopressin in humans. *Progress in brain research*, 170, 337-350.
  - 65. Nagasawa, M., Okabe, S., Mogi, K., & Kikusui, T. (2012). Oxytocin and mutual communication in mother-infant bonding. *Frontiers in human neuroscience*, 6.
  - 66. Marci, C. D., Ham, J., Moran, E., & Orr, S. P. (2007). Physiologic correlates of perceived therapist empathy and social-emotional process during psychotherapy. *The Journal of nervous and mental disease*, 195(2), 103-111
  - 67. Fanget, F., & Rouchouse, B. (2007). *Affirmation de soi (L'): Une méthode de thérapie*. Odile Jacob.
  - 68. Miller, W. R., & Rollnick, S. (2012). *Motivational interviewing: Helping people change*. Guilford press

## Liens hypertextes, URL

- url1 <https://www.questionwritertracker.com/quiz/61/Z4MK3TKB.html>
- url2 <https://mediaarea.net/fr/MediaInfo>
- url3 [https://github.com/Ouphix/synchro-psychotherapies/tree/master/INCANT/Scripts/Frames\\_extractor](https://github.com/Ouphix/synchro-psychotherapies/tree/master/INCANT/Scripts/Frames_extractor)
- url4 <https://paintbrush.sourceforge.io/>
- url5 <https://github.com/Ouphix/synchro-psychotherapies/tree/master/Monrado/Scripts/convertingVideos>
- url6 <https://github.com/Ouphix/synchro-psychotherapies/blob/master/INCANT/Scripts/motionHistoryExtractor.cpp>
- url7 <https://github.com/syncpy/SyncPy>
- url8 [https://github.com/syncpy/SyncPy/blob/master/examples/S\\_Estimator.py](https://github.com/syncpy/SyncPy/blob/master/examples/S_Estimator.py)
- url9 <https://www.python.org/>
- url10 <https://cran.r-project.org/>
- url11 <https://github.com/>
- url12 <https://github.com/Ouphix/synchro-psychotherapies/tree/master/Monrado/Data/CSV/filtered>
- url13 <https://handbrake.fr/>
- url14 <http://opencv.org/>
- url15 <https://www.crowdflower.com/>
- url16 <https://www.optiftrack.com/>
- url17 <https://lambda.qrlab.com/site/>
- url18 <https://tla.mpi.nl/tools/tla-tools/elan/>
- url19 <http://affidesoi.limequery.net/116646>
- url20 <https://ouphix.shinyapps.io/affiDeSoi/>
- url21 <https://collab.humanbrainproject.eu/>
- url22 <https://github.com/Ouphix/synchro-psychotherapies/blob/master/Monrado/psychometryQuestionnairesMonrado.pdf>

## Annexe : Echelles psychométriques (url 19)

### Présentations du travail

Poster, ECNP Summerschool of Neuropsychopharmacology, Oxford, 2016



## Extracting automatically social signals from psychotherapy sessions

Thomas Gargot<sup>1,2,\*</sup>, Giovana Varni<sup>2</sup>, Jonathan Aigrain<sup>2</sup>,  
Mohamed Chetouani<sup>2</sup>, Michel Spodenkiewicz<sup>1,2</sup>, David Cohen<sup>1,2</sup>

1. Hôpital de la Pitié Salpêtrière, 2. Institut des Systèmes Intelligents et de la Robotique, Paris, France  
\* thomas\_gargot@hotmail.com




#### Introduction and motivation

Psychotherapy is an important part of treatment of mental disorders alone or complementary with pharmacotherapy. Some techniques are now widely evidence-based and very cost effective (Layard & Clark, 2014).

Most of the studies are indirectly based on patient reported outcomes or problematic behaviors that are evaluated before and after the psychotherapy. Unfortunately, studies hardly control what is actually happening during psychotherapy, especially the interaction between the patient and the therapist that could be a predictor of the psychotherapy efficacy. Consequently, it is difficult to make precise links between theory and practice, control its application and understand which of its ingredients are the most important.

It is already feasible to annotate manually videos. However, this task is tedious. It can be either very repetitive (annotation of turn-taking or non-verbal behavior) or very technical (annotation of application of some specific techniques like in motivational interviewing (Moyers et al, 2015) and a potential source of bias.

In the future, an automatic feedback during the psychotherapy could also even help the therapists to reorganize a treatment.

#### Towards an automated research framework

Here we suggest a research framework (Fig 1.) to extract automatically social signals from psychotherapy videos. We focus on motor synchrony considered as a predictor of psychotherapy outcome in a first study (Ramseyer, 2011) and a relevant signal for the study of mother-child interactions. Varni et al. 2015 developed the SyncPy open source python library to help researchers and practitioners to automatically analyse synchrony. It could be possible to measure synchrony even in familial therapies. Other features could be quite easily extracted manually like direction of the body, gaze direction or smiles. Here, we show an example of a video before and during a conflictual talk between a girl with her father (Fig 2. and 3.).

With an interdisciplinary and open science approach, we developed some modules toward this goal that could be freely and easily re-used by other teams with their own databases or with other modules.

#### Perspectives

The next step is to design a specific database anticipating some technical problems (speech segmentation, overlapping of subjects, micro-movements) and define more precisely different conditions of psychotherapy that could be contrasted.

#### 1. Procedure

**Project website**

**1. Procedure**

**2. Motion history**

**3. Synchrony score**

**Legend**

- Raw data
- Manual Step
- Final data compared
- Automatic step
- Improvement suggestions
- Laborious work

#### Example on a conflict video

**2. Motion history**

Time by Minute

#### 3. Synchrony score

**3. Synchrony score**

Synchrony score

Time (minute)

Layard, R., & Clark, D. M. (2014). *Thrive: The power of evidence-based psychological therapies*. Penguin UK.

Ramseyer, Fabian, et Wolfgang Tschacher. « Nonverbal synchrony in psychotherapy: Coordinated body movement reflects relationship quality and outcome ». *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 79.3 (2011): 284-295.

Moyers, T. B., J. K. Manuel, and D. Ernst. "Motivational Interviewing Treatment Integrity Coding Manual 4.1." (2014).

Varni, G., et al. "SyncPy: a Unified Open-source Analytic Library for Synchrony." *Proceedings of the 1st Workshop on Modeling INTERPERSONal SyncROnY And influence*. ACM, 2015.

No potential conflicts of interests

49



# Extracting automatically social signals from psychotherapy sessions



Thomas Gargot<sup>1,2,\*</sup>, Giovana Varni<sup>2</sup>, Mohamed Chetouani<sup>2</sup>, Jonathan Aigrain<sup>2</sup>, Michel Spodenkiewicz<sup>1,2</sup>, Hugues Pellerin<sup>1</sup>, David Cohen<sup>1,2</sup>  
 1. Hôpital de la Pitié Salpêtrière, 2. Institut des Systèmes Intelligents et de la Robotique, Paris, France  
 \* thomas\_gargot@hotmail.com



## Introduction and motivation

Psychotherapy is an important part of treatment of mental disorders alone or complementary with pharmacotherapy. Some techniques are now widely evidence-based and very cost effective (Layard & Clark, 2014).

Studies hardly control what is actually happening during psychotherapy, especially the interaction between the patient and the therapist. Consequently, it is difficult to make precise links between theory and practice, control application of psychotherapy recommendations and understand which of its ingredients are the most important. An automatic feedback during the psychotherapy could help the therapists to reorganize a treatment.

## Towards an automated research framework

Here we suggest a research framework (Fig 1.) to extract automatically social signals from psychotherapy videos. We focus on motor synchrony considered as a predictor of psychotherapy outcome in a first study (Ramseyer, 2011) and a relevant signal for the study of mother-child interactions. Varni et al. 2015 developed the SyncPy open source python library to help researchers and practitioners to automatically analyse synchrony. It could be possible to measure synchrony even in familial therapies. Other features could be quite easily extracted manually like direction of the body, head direction or smiles.

Here, we show an example of a video database analysis comparing synchrony before and during a conflict talk between 34 children and their parent (Fig 2. and 3.).

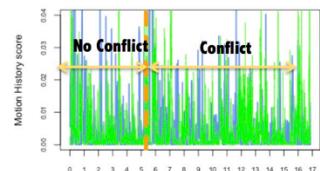
## Example on a conflict video



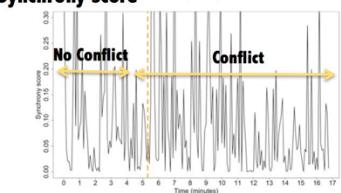
### 1. Participant zone segmentation



### 2. Motion history



### 3. Synchrony score



## Project website

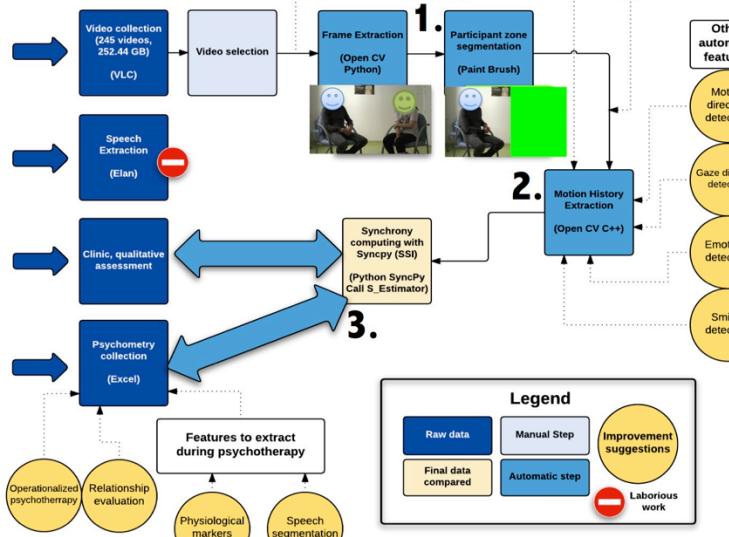
<http://bit.ly/syncpy>



## Model



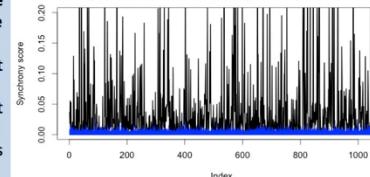
## Procedure



## Results

- Synchrony scores of motion history (blue) are completely different from synchrony scores of randomised motion history (Fig 4.).
- Synchrony scores before and during conflict are correlated ( $p<0.03$ ), are therefore a feature of the dyad
- Synchrony scores do not differ in presence of conflict or not
- Synchrony scores are not correlated with attachment styles of child nor alexithymia scores of child (TAS20)
- Motion history scores are not correlated with scores of depression (BDI) or anxiety (STAY)

### 4. Synchrony scores from natural (black) and 100 shuffled motion history data (blue)



## References

- Layard, R., & Clark, D. M. (2014). *Thrive: The power of evidence-based psychological therapies*. Penguin UK.
- Varni, G., et al. "SyncPy: a Unified Open-source Analytic Library for Synchrony." *Proceedings of the 1st Workshop on Modeling Synchrony*. ACM, 2015.
- Ramseyer, Fabian, et Wolfgang Tschacher. « Nonverbal synchrony/INTERPERSONal SyncrONy And influence. ACM, 2015. in psychotherapy: Coordinated body movement reflects relationship quality and outcome ». *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 79.3 (2011): 284-295.

## Conclusions

- Automatic extraction of social signal on videos is promising
- Videos need to have a sufficient quality (comparable set up, light, framing of the subjects, without interlacing)
- Important to work on precise annotations (moment and intensity of conflict)
- An interdisciplinary team and open science framework is important

No potential conflicts of interests

## Résumé

### Introduction

L'évaluation des compétences sociales et relationnelles des patients en psychiatrie est importante dans la démarche diagnostique. Des phénomènes d'imitation et de synchronisation sont impliqués dans le processus d'empathie, nécessaire à des relations sociales de qualité. Nous proposons une mesure automatique de la qualité de l'interaction parent-adolescent à partir du signal de synchronisation des quantités de mouvements de deux sujets.

### Matériel et Méthodes

Nous avons analysé une base de donnée vidéo de 34 interactions parents-adolescent de 15 minutes chacune avec une période de 10 minutes de conflit. Elle mesurait par ailleurs l'attachement et les scores d'alexithymie. Après annotation des zones et périodes d'intérêt, l'extraction des quantités de mouvement a été réalisée avec le module openCV en C++. Le calcul de synchronie a été réalisé avec le projet Syncpy en Python. Les analyses exploratoires ont été faites avec le logiciel R.

### Résultats

Les scores de synchronie ont pu être mesurés sur cette base de données. Après randomisation des ordres des quantité de mouvement, nous avons montré que le score de synchronie n'est pas un score aléatoire. Cependant, nous n'avons pas trouvé de différence significative de synchronies de quantité de mouvement entre les différentes phases sans ou avec conflit. Il n'y a pas de différence en fonction des styles d'attachement ni en fonction des scores d'alexithymie. Les bases de données vidéos doivent respecter un certains nombre de caractéristiques tant au niveau du dispositif expérimental qu'au niveau de la qualité de l'enregistrement vidéo.

### Conclusion

Le signal de synchronie de la quantité de mouvements semble prometteur dans l'analyse automatique de qualité de relation. Il nécessite certaines conditions expérimentales prévues a priori pour obtenir une qualité de vidéo suffisante et minimiser le travail de préparation des vidéos. Nous proposons d'autres marqueurs d'une bonne relation sociale dans d'autres modalités et une approche de science ouverte pour faciliter la réPLICATION et l'amélioration de cette étude.

### **Mots-clefs**

synchronie, psychothérapie, attachement, conflit, signal social, mesure en psychiatrie