

N° d'ordre

Année 2006

Thèse

**LA PERCEPTION VISUELLE DES EMOTIONS FACIALES  
CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION GENERALE ET  
PERTURBATIONS LIEES A  
LA MALADIE D'ALZHEIMER ET A  
LA SCHIZOPHRENIE .**

Présentée devant  
L'Ecole Doctorale de Lille

Pour obtenir  
Le grade de Docteur

Par  
Philippe GRANATO

Soutenue le 8 novembre 2006 devant la Commission d'Examen

**Jury MM.**

---

	M. BOUCART	Docteur
	R. BRUYER	Professeur de psychologie
Président	O. GODEFROY	Professeur de neurologie
Rapporteur	D. HANNEQUIN	Professeur de Psychiatrie
Rapporteur	G. LOAS	Professeur de neurologie
	P. THOMAS	Professeur de psychiatrie

**Laboratoire de recherche** : Neurosciences Fonctionnelles et Pathologies, CNRS (UMR 8160), CHRU Lille – Université Lille2.

## **LA PERCEPTION VISUELLE DES EMOTIONS FACIALES CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION GENERALE ET PERTURBATIONS LIEES A LA MALADIE D'ALZHEIMER ET A LA SCHIZOPHRENIE.**

### **Résumé**

**Mots-Clés :** émotions – reconnaissance – faciales – MARIE – Alzheimer – Schizophrénie – mesure – quotient – catégorisation – référentiel –

## **LA PERCEPTION VISUELLE DES EMOTIONS FACIALES CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION GENERALE ET PERTURBATIONS LIEES LA MALADIE D'ALZHEIMER ET A LA SCHIZOPHRENIE.**

### **Abstract**

**Key-Words** : emotions - recognition - facial - MARIE - Alzheimer - Schizophrenia - measurement - quotient - categorization - reference frame –

**Ce travail de thèse s'inspire des communications suivantes référencées de I à VIII .**

1. ETUDE OBJECTIVE DE LA PERCEPTION DU SOURIRE ET DE LA TRISTESSE PAR LA METHODE D'ANALYSE DE RECHERCHE DE L'INTEGRATION DES EMOTIONS. Granato Ph., Bruyer R. *Annales Médico-Psychologiques*. (1), 154 (1996).
2. CATEGORICAL EFFECTS IN THE PERCEPTION OF FACIAL EXPRESSION: M. A. R. I. E. A SIMPLE AND SENSITIVE CLINICAL TOOL. Bruyer R., Granato P. *European Review of Applied Psychology* 49, 3-10 (1999).
3. MEASUREMENT OF THE PERCEPTION OF FACIALLY EXPRESSED EMOTIONS BY A COMPUTERIZED DEVICE. Granato Ph, Bruyer, R. *European Psychiatry*, 17, 339-348. (2002).
4. UNE NOUVELLE METHODE D'EVALUATION DE LA CAPACITE A RECONNAITRE DES EXPRESSIONS FACIALES EMOTIONNELLES. Raymond Bruyer, Granato Philippe, Jean-Pierre Van Gansberghe. *European Review of Applied Psychology*. (2006).
5. MATHEMATICAL ANALYSIS OF CATEGORICAL PERCEPTION. Philippe Granato, Raymond Bruyer, Jean-Pierre Van Gansberghe, Nawal Waucquier, Christian Libersa. (*Soumis, avril 2006*).
6. RECONNAISSANCE DES EMOTIONS FACIALES AU COURS DE LA VIE. Philippe Granato, Olivier Godefroy, Jean-Pierre Van Gansberghe, Raymond Bruyer. (*Soumis, juillet 2006*).
7. LA RECONNAISSANCE VISUELLE DES EMOTIONS FACIALES CANONIQUES DANS LA MALADIE D'ALZHEIMER. Philippe Granato, Olivier Godefroy, Jean-Pierre Van Gansberghe, Raymond Bruyer. (*Soumis juillet 2006*).
8. LA RECONNAISSANCE VISUELLE DES EMOTIONS FACIALES CANONIQUES DANS LA SCHIZOPHRENIE. Philippe Granato, Olivier Godefroy, Jean-Pierre Van Gansberghe, Raymond Bruyer. (*Soumis juillet 2006*).

Remerciements à M. le Professeur Marc Mazzuca.

Remerciements à M. le Docteur Pascal Vincent.

Remerciements à M. Olivier Lecherf.

Remerciements à M. le Professeur Raymond Bruyer.

Remerciements à feu M. Jean-Pierre Van Gansberghe.

Remerciement à M. le Professeur Olivier Godefroy.

1. **INTRODUCTION**.....
2. **DEFINITIONS**.....
3. **HISTORIQUE**.....
  - 3.1. Emotions et approches conceptuelles.....
    - 3.1.1. L'approche de James et Lange ou hypothèse périphérique.....
    - 3.1.2. L'approche de Cannon-Bard ou hypothèse centrale.....
    - 3.1.3. Les modèles cognitivistes et non-cognitivistes.....
  - 3.2. les principales aires du traitement des émotions.....
    - 3.2.1. Le lobe limbic de Broca.....
    - 3.2.2. Le circuit de Papez.....
    - 3.2.3. Le système limbique de Mac Lean.....
    - 3.2.4. la participation sympathique de Schachter et Singer.....
    - 3.2.5. Le cerveau tri-unique de Mac Lean .....
    - 3.2.6. Le circuit de Pankseep.....
    - 3.2.7. L'approche de Gray .....
    - 3.2.8. L'approche de Le Doux.....
    - 3.2.9. L'hypothèse des marqueurs somatiques de Damasio.....
4. **INCERTITUDES ET CONTROVERSES PERSISTANTES**.....
  - 4.1. Avant EKMAN .....
  - 4.2. Après EKMAN .....
  - 4.3. Nécessité d'un consensus opératoire pour les émotions fondamentales.....
  - 4.4. Principales caractéristiques des émotions fondamentales selon Ekman.....
    - 4.4.1. La colère .....
    - 4.4.2. Le dégoût .....
    - 4.4.3. La joie.....
    - 4.4.4. La peur.....
      - 4.4.4.1. Contagiosité de la peur .....
      - 4.4.4.2. Les circuits neuronaux de la peur.....
      - 4.4.4.3. Lésions des corps amygdaloïdes.....
      - 4.4.4.4. La stimulation des corps amygdaloïdes.....
    - 4.4.5. La surprise.....
    - 4.4.6. La tristesse.....

<b>5. LES CADRES CONCEPTUELS DE L'EXPERIENCE EMOTIONNELLE.....</b>	
5.1. L'anhédonie.....	
5.2. L'alexithymie.....	
5.3. L'intelligence émotionnelle.....	
5.4. Reconnaissance des habilités sociales.....	
<b>6. APPORT DE L'IMAGERIE FONCTIONNELLE D'ACTIVATION DES EMOTIONS</b>	
6.1. Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle (IRMf).....	
6.2. Tomographie par émission de positons (PET) .....	
6.3. Imagerie par magnéto encéphalogramme .....	
6.4. Asymétries hémisphériques et émotion.....	
6.5. Le cortex cingulaire antérieur.....	
6.6. Effets des lésions de régions cérébrales spécifiques.....	
6.6.1. Hémisphère gauche.....	
6.6.2. Hémisphère droit.....	
6.6.3. Le cortex orbito-frontal .....	
6.6.4. Lésions bilatérales chez l'humain de la portion ventro-médiane à l'âge adulte	
6.6.5. Lésions frontales bilatérales durant l'enfance.....	
<b>7. DEVELOPPEMENT DE LA RECONNAISSANCE DES EMOTIONS ET ROLE.....</b>	
7.1. De la naissance à l'âge adulte.....	
7.2. De l'âge adulte à la vieillesse.....	
<b>8. TROUBLES DE LA RECONNAISSANCE DES EMOTIONS ET PRINCIPALES PATHOLOGIES PSYCHIATRIQUES.....</b>	
8.1. La psychose schizophrénique.....	
8.2. La dépression.....	
8.3. Les troubles de la personnalité.....	
8.4. Le syndrome anxieux.....	
8.5. La Maladie d'Alzheimer.....	
<b>9. OBJECTIF DU TRAVAIL.....</b>	
<b>10. RECONNAISSANCE DES EMOTIONS FACIALES CANONIQUES AU COURS DE LA VIE</b>	
10.1. Résumé.....	
10.2. Introduction.....	
10.3. Méthode.....	

10.3.1. Les sujets.....	
10.4. Matériel.....	
10.4.1. Construction des stimuli.....	
10.4.2. Procédure.....	
10.5. Evaluations statistiques.....	
10.6. Résultats.....	
10.6.1. Etude de la reproductivité.....	
10.6.2. Réponses discordantes ou erreur de reconnaissance.....	
10.7. Discussion.....	
10.7.1. La population.....	
10.7.2. Les visages.....	
10.7.3. Le vieillissement.....	
10.7.4. Les séries émotionnelles.....	
10.7.5. Genre sexuel du témoin et du visage stimulus.....	
10.7.6. L'intérêt des mesures.....	
10.7.7. Analyse et résultats des réponses discordantes ou erreurs .....	
10.8. Conclusion.....	
<b>11. LA RECONNAISSANCE VISUELLE DES EMOTIONS FACIALES CANONIQUES DANS LA MALADIE D'ALZHEIMER DEBUTANTE.....</b>	
11.1. Résumé.....	
11.2. Introduction.....	
11.3. Méthode.....	
11.3.1. Les sujets.....	
11.4. Matériel.....	
11.4.1. Construction des stimuli.....	
11.4.2. Procédure.....	
11.4.3. Evaluation statistiques.....	
11.5. Résultats.....	
11.5.1. Analyse individuelle des réponses discordantes ou erreur de reconnaissance.....	
11.5.2. Analyse de corrélation.....	
11.6. Discussion.....	
11.6.1. Les taux de reconnaissance des émotions ou analyse qualitative.....	

11.6.2.	Les erreurs de reconnaissance des émotions ou analyse quantitative..	.....
11.7.	Conclusion.....	.....
<b>12.</b>	<b>LA RECONNAISSANCE VISUELLE DES EMOTIONS FACIALES CANONIQUES DANS LA SCHIZOPHRENIE</b> .....	.....
12.1.	Résumé.....	.....
12.2.	Introduction.....	.....
12.3.	Méthode.....	.....
12.3.1.	Les sujets.....	.....
12.4.	Matériel.....	.....
12.4.1.	Construction des stimuli.....	.....
12.4.2.	Procédure.....	.....
12.4.3.	Evaluations statistiques.....	.....
12.5.	Résultats.....	.....
12.5.1.	Analyse individuelle des réponses discordantes ou erreur de reconnaissance.....	.....
12.5.2.	Analyse de corrélation.....	.....
12.6.	Discussion.....	.....
12.6.1.	Aspect global.....	.....
12.6.2.	Les taux de reconnaissance des émotions.....	.....
12.6.3.	Les réponses discordantes.....	.....
12.7.	Conclusion.....	.....
<b>13.</b>	<b>CONCLUSION ET DISCUSSION GENERALE</b>	
13.1.	Avantages de l'outil de mesure	
13.2.	Inconvénients de l'outil de mesure	
13.3.	Les émotions	
13.4.	La population saine de référence	
13.5.	Les échantillons avec la maladie d'Alzheimer et la maladie schizophrénique	
<b>14.</b>	<b>PERSPECTIVES</b> .....	.....
<b>15.</b>	<b>REFERENCES</b> .....	.....
<b>ANNEXE 1</b>	.....	.....
<b>ANNEXE 2</b>	.....	.....
<b>ANNEXE 3</b>	.....	.....

**ANNEXE 3**.....

**ANNEXE 5**

**CATEGORICAL EFFECTS IN THE PERCEPTION OF FACIAL EXPRESSION: M. A. R. I. E. A SIMPLE AND SENSITIVE CLINICAL TOOL**.....

- 1.1. Résumé.....
- 1.2. Introduction.....
- 1.3. Method.....
  - 1.3.1. Subjects.....
  - 1.3.2. Materials.....
  - 1.3.3. Procedure.....
- 1.4. Results.....
  - 1.4.1. The main sample.....
    - 1.4.1.1. Choices.....
    - 1.4.1.2. Latencies.....
- 1.5. The older people.....
- 1.6. Discussion.....
- 1.7. Références.....

**ANNEXE 6**

**CALCUL DU SCORE INDIVIDUEL DE RECONNAISSANCE D'UNE SERIE DE STIMULI INTERMEDIAIRES ENTRE DEUX STIMULI-SOURCES : L'EXEMPLE DE LA PERCEPTION CATEGORIELLE DES EXPRESSIONS FACIALES**.....

- 1.1. Résumé .....
- 1.2. Introduction.....
- 1.3. Méthode.....
  - 1.3.1. Sujets.....
  - 1.3.2. Matériel.....
  - 1.3.3. Procédure.....
  - 1.3.4. Mesures.....
- 1.4. Résultats.....
  - 1.4.1. Interprétation initiale de la réponse.....
  - 1.4.2. Pondération de l'erreur de la réponse correcte.....

- 1.4.3. Calcul du score global pour l'ensemble de la série.....
- 1.4.4. Calcul du score global relatif pour la série.....
- 1.4.5. Application.....
- 1.4.6. Illustration.....
- 1.5. Discussion et conclusion.....
- 1.6. Références.....

**ANNEXE 7**

**MATHEMATICAL ANALYSIS OF CATEGORICAL PERCEPTION.....**

- 1.1. Abstract.....
- 1.2. Introduction.....
- 1.3. Method.....
  - 1.3.1. Participants.....
  - 1.3.2. Material.....
  - 1.3.3. Procedure.....
    - 1.3.3.1. Control pre-test.....
    - 1.3.3.2. Selecting the model.....
    - 1.3.3.3. Rebuilding the logistic model.....
    - 1.3.3.4. Assessing a, b and c : logistic regression.....
- 1.4. Properties of the curves.....
  - 1.4.1. The sensitivity.....
  - 1.4.2. The transition thresholds.....
  - 1.4.3. Equilibrium points.....
  - 1.4.4. Maximum differential.....
  - 1.4.5. Categorization.....
- 1.5. Results and discussion.....
- 1.6. Conclusion.....
- 1.7. Références.....

# 1. INTRODUCTION

---

Les émotions faciales sont omniprésentes dans notre quotidien. Elles représentent un canal de communication infra-verbal et méta-verbal. La communication verbale s'en trouve enrichie par un plus grand nombre d'informations qui renseignent sur l'état émotionnel interne des interlocuteurs. Nous les exprimons, nous les reconnaissons et nous les intégrons, dans un continuum qui oscille entre une absence d'émotion et une émotion donnée. La communication émotionnelle semble constitutive de la plupart des mammifères et plus encore des primates.

Cependant, l'intérêt pour les émotions est récent et date de Darwin. Il a suscité un regain d'attention depuis les travaux de Paul Ekman. L'outil informatique, l'imagerie morphologique et fonctionnelle ont permis une progression dans la compréhension des processus d'intégration des émotions. Plusieurs problèmes sont identifiées : **1)** la prise de conscience du rôle des émotions, **2)** leurs localisations cérébrales, **3)** leur définition, **4)** leur dénombrement, **5)** la nature de leurs interactions : catégorielle ou dimensionnelle et **6)** leurs mesures. L'absence de consensus sur ces paramètres se surajoute à la multiplicité des paradigmes expérimentaux et rend la mesure des émotions difficilement : **1)** reproductible pour un même auteur, **2)** comparable entre différents auteurs et **3)** reste du domaine de la recherche.

Les émotions sont des processus neuropsychologiques qui associent 3 étapes : 1) la perception émotionnelle, 2) l'expérience émotionnelle (la pensée spécifique qui lui est associée ou *feeling*), 3) et l'expression émotionnelle. Les processus émotionnels existent chez tous les êtres humains, indépendamment de leur sexe, de leur âge ou de leur culture. Ceux-ci seraient principalement générés aux niveaux du système "limbique". L'activation de ces structures provoquerait des modifications somatiques périphériques qui seraient perçues au niveau de la conscience, produisant ainsi une expérience émotionnelle. Une émotion est un *feeling* intense et fugace, qui est associée à un objet spécifique. Par contre, l'humeur est un *feeling* moins intense et plus durable dans le temps et qui n'est pas forcément associé à un objet spécifique.

Parmi les processus cérébraux, les caractéristiques des émotions seraient d'être des processus prioritaires, automatiques et non volontaires, inducteurs de comportements peu élaborés et d'adaptations approximatives au contexte environnemental. Il existe plusieurs canaux communicationnels bidirectionnelles des émotions : facial, prosodique, lexical, gestuel et postural.

Pour Darwin (1872) les fonctions principales des émotions sont : 1) une fonction d'adaptation individuelle de l'organisme à son environnement «*Premier principe de l'association des habitudes utiles*», 2) une fonction de communication sociale « second principe de l'antithèse » qui permet à autrui d'identifier l'état émotionnel interne de l'émetteur et 3) une fonction de « *rétroaction faciale* » : l'expression émotionnelle permet de réguler l'expérience émotionnelle elle-même. Il semble acquis que la perception, l'expérience et l'expression émotionnelle sont des processus multidimensionnels qui se caractérisent par la participation de plusieurs composantes : la reconnaissance émotionnelle, le vécu subjectif, l'activation physiologique, l'évaluation cognitive de la situation qui induit l'émotion, le comportement expressif. La reconnaissance des émotions faciales est le premier chaînon de cette cascade d'interactions. Aussi, son étude nous semble un préalable pour une meilleure compréhension de l'ensemble des processus qui lui sont consécutifs, chez le sujet sain et le sujet malade.

Cependant, les méthodes d'examen sont lourdes et difficiles à réaliser. Elles ne sont pas couramment utilisées en pratique clinique. Leur complexité les éloigne de la pratique clinique. La nécessité d'un outil de mesure, chiffré, fiable, sensible, fidèle, avec un nombre de biais mineurs et d'utilisation clinique s'est fait jour. Néanmoins, le préalable était : **1)** la mise en place d'une normalisation qui s'appuyait sur un référentiel chiffré spécifique d'une population normale de 20 ans à 70 ans, **2)** l'évaluation des variables : sexe, âge, niveau scolaire et niveau d'éducation, **3)** l'étude de patients avec une Maladie d'Alzheimer débutante, et **4)** l'étude de patients avec une maladie psychotique de type schizophrénique.

## 2. DEFINITIONS

---

Il n'existe pas de consensus dans la littérature concernant la définition des émotions (Cabanac, 2002). L'étymologie renvoie au mouvement de « chasser, jeter hors ». Nous sommes « mus » hors de nous même. Pour les définitions les plus courantes, l'émotion apparaît comme «*un trouble de l'adaptation des conduites*» (*Encyclopaedia Universalis, corpus 8, 1989.*), qui se produit chaque fois que le sujet est plongé dans une situation perceptive réelle ou même imaginaire d'incertitude ou de frustration et lorsqu'il ne dispose pas d'une réponse toute prête et se trouve ainsi désorienté. Pour William James (1884) « *l'émotion est le sentiment (feeling) qui résulte des changements d'état corporels produits par une perception* ».

---

## 3. HISTORIQUE

---

### 3.1. Emotions et approches conceptuelles

---

#### 3.1.1. L'approche de James et Lange ou hypothèse périphérique

---

L'un des premiers théoriciens des émotions fut William James (1884) (Cannon, 1987 ; Fehr et Stern 1970 ; Lang, 1994). Cet auteur inverse la vision populaire traditionnelle de "*j'ai peur donc je tremble*" par "*je tremble donc j'ai peur*". Carl Lange développa indépendamment de James un point de vue similaire à partir de 1885. Ces deux auteurs énonçaient d'une part, que l'émotion est la « conséquence » des modifications physiologiques intervenant dans le corps et d'autre part que "l'expérience émotionnelle" (intégration neuronale permettant la conscience de la situation psychologique et végétative) serait la conséquence des manifestations physiques et physiologiques perçues par l'individu. Les systèmes sensoriels transmettent au cerveau des informations sur les conditions dans lesquelles se trouve le corps. Le cerveau envoie en retour des messages au corps visant à modifier le tonus musculaire, la fréquence cardiaque, la sudation palmaire. Pour James

(1884) et Lange (1994) les modifications physiologiques *sont* l'émotion elle-même et lorsqu'elles disparaissent, l'émotion disparaît aussi. Il est à signaler qu'avant cette théorie la conception prévalente était que l'émotion était engendrée par une situation donnée, et elle se traduisait par une réponse comportementale.

---

### 3.1.2. L'approche de Cannon-Bard ou hypothèse centrale

---

En 1927, Walter CANNON proposa une nouvelle explication qui fut développée par Philip BARD (Mountcastle, 1977). Elle postulait que « l'expérience émotionnelle » pouvait intervenir indépendamment de « l'expression émotionnelle ». Pour ces auteurs, les émotions sont déclenchées et contrôlées par des structures cérébrales spécialisées capables de contrôler les réponses motrices expressives et physiologiques périphériques. Pour Cannon, les émotions peuvent aussi être ressenties sans que nous ne percevions les modifications physiologiques (Cannon et *al.* 2002). Pour conforter cette affirmation, il présenta des travaux effectués sur des animaux (chats et chiens) dont la moelle épinière avait été sectionnée ce qui supprimant la perception sensitive dans les parties du corps situées sous la section médullaire. Le contrôle moteur des muscles céphaliques était conservé. Les animaux manifestaient des signes d'émotions communes avec les muscles de la tête en réponses à des stimuli émotionnels environnementaux. Cet auteur évoquait le cas des patients tétraplégiques chez qui persistent les émotions. Si l'expérience émotionnelle survient quand le cerveau perçoit les réactions physiologiques du corps, comme le soutenait la théorie de James Lange, l'élimination de ces sensations devait supprimer les émotions, ce qui n'était pas le cas. Pour Cannon (Cannon W.B. 1957 ; Recordati, 1984 ; Cannon W.B. 1987 ; Fernandez de Molina, 1999) il n'existait pas de corrélation entre l'expérience émotionnelle et les modifications physiologiques. De plus, il ne constatait pas de spécificité d'expression physiologique en réponse à un type donné d'émotion. Ainsi, l'élévation de la fréquence cardiaque peut être provoquée par la peur, la colère, la fièvre.

Les expérimentations de Cannon et Bard les conduirent à conclure que l'hypothalamus était la « *clef de voûte* » du « *circuit des émotions* ». Le rôle majeur de l'hypothalamus dans la régulation du système nerveux autonome et sa situation entre le cortex et le reste des structures sous corticales conduisaient Cannon à l'identifier comme « *le centre des émotions* ». Lorsque le cortex reçoit une information sensorielle, il active en retour des réponses comportementales sans aucun lien avec l'expérience émotionnelle. Cette dernière ne survient que lorsque les signaux atteignent l'hypothalamus directement à partir des organes sensoriels ou indirectement à partir du cortex cérébral (Cannon et *al.* 1957 ; Recordati et *al.* 1984 ; Cannon et *al.* 1987 ; Fernandez de Molina et *al.* 1999). Autrement dit, le caractère de l'émotion est déterminé par le mode d'activation de l'hypothalamus.

---

### 3.1.3. Modèles cognitivistes et non cognitivistes

---

Pour Oatley et Johnson-Laird (1987), le système émotionnel « *court-circuité* » l'action en cours pour sélectionner en urgence un nouveau comportement plus adapté. Le système émotionnel serait prioritaire sur tous les systèmes dont le système cognitif qui est considéré comme le plus évolué. Le traitement d'un signal émotionnel serait global, automatique, rapide et inconscient et il s'adresserait aux émotions fondamentales définies par Ekman (Ekman et *al.* 1969, 1971, 1972, 1975). Schachter et Singer pensent que l'émotion serait la résultante des sensations périphériques et de leurs interprétations centrales : une modification somatique et un étiquetage cognitif associés créeraient l'émotion. (Schachter et *al.* 1962 ; Plutchik et *al.* 1967).

---

## 3.2. Les principales aires du traitement des émotions

---

Certaines structures cérébrales fortement interconnectées participent au traitement de l'ensemble des émotions. Il semble exister une spécialisation structurelle pour certaines d'entre elles.

---

### 3.2.1. Le lobe limbique de Broca

---

En 1878, Paul Broca isole le « *lobe limbique* », représenté par le cortex qui entoure le corps calleux, principalement le gyrus cingulaire et la région corticale située sur la face médio temporale comprenant l'hippocampe. Il n'a pas évoqué le rôle de ces structures dans les processus émotionnels, mais il a insisté sur son implication dans l'olfaction (Broca 1863).

---

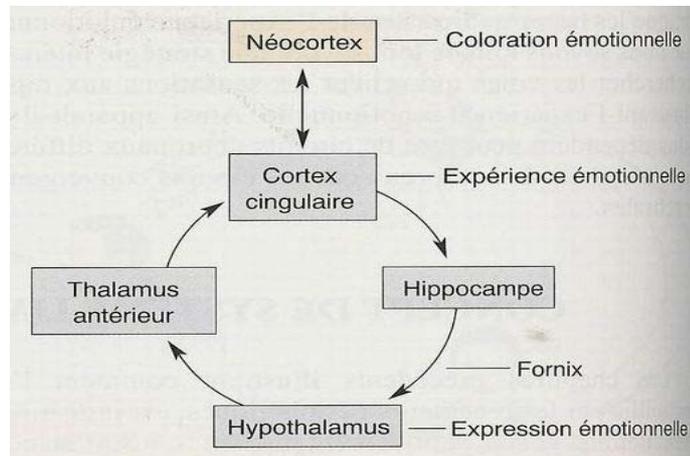
### 3.2.2. Le circuit de Papez

---

En 1937, James Papez (1995) influencé par les travaux de Judson Herrick (Crosby. 1960) pour qui, le cortex médial était plus ancien, sur le plan phylogénétique, que le cortex latéral, suggère l'existence d'un « *système de l'émotion* », situé sur la partie médiane du cerveau reliant le cortex à l'hypothalamus (Cf. Fig. N° 1). Il propose un modèle neuro-anatomique de l'expérience émotionnelle et de l'expression émotionnelle. Papez explique le sentiment subjectif des émotions par la circulation d'informations à travers un circuit qui relie l'hypothalamus au cortex médian (Shiple et al. 1974). Les aires néocorticales activées à partir du cortex cingulaire donneraient plus de nuances aux émotions (Mac Lean, 1949).

Pour Papez, l'hypothalamus contrôle l'expression comportementale des émotions. L'hypothalamus et le néocortex s'influencent réciproquement de sorte que l'expérience émotionnelle et l'expression émotionnelle sont intriquées. Dans ce circuit, le cortex cingulaire agit sur l'hypothalamus par l'intermédiaire de l'hippocampe et du fornix (la voie efférente de l'hippocampe), alors que l'hypothalamus agit sur le néocortex cingulaire par le biais des noyaux antérieurs du thalamus. Ce circuit permet deux types d'entrée. D'une part, les informations sensorielles entrent

par le thalamus. Et d'autre part, les informations corticales s'intègrent au circuit par le cortex cingulaire.



**Figure N° 1.** L'ensemble des structures reconnues comme constitutives du circuit de Papez. Chaque élément est connecté à un autre par les fibres d'un faisceau majeur (d'après Papez 1937).

---

### 3.2.3. Le système limbique de Mac Lean

---

En 1949, Paul Mac Lean estime que le rhinencéphale, (impliqué dans l'olfaction), doit jouer un rôle central dans les émotions en raison d'importantes connexions avec l'hypothalamus. La stimulation électrique du rhinencéphale, chez l'Homme, produit des réponses viscérales semblables à celles provoquées par les émotions (Mac Lean 1949). Le même auteur, vingt ans plus tard, propose le terme de «*système limbique*» pour désigner le cerveau viscéral du rhinencéphale. Le système limbique inclut non seulement le circuit de Papez, mais aussi des régions comme les corps amygdaloïdes, le septum et certaines aires préfrontales. Toutes ces structures formeraient un système intégré, phylogénétiquement ancien, assurant la survie de l'individu (et donc de l'espèce) par l'entremise de réponses viscérales et affectives adaptées aux modifications groupales et environnementales.

---

### 3.2.4. La participation sympathique de Schachter et Singer

---

En 1962, Schachter et Singer (1962) montrent que l'expérience émotionnelle et l'expression émotionnelle sont le résultat d'une excitation sympathique.

---

### 3.2.5. Le cerveau tri unique de Mac Lean

---

En 1970, Mac Lean, à nouveau, introduit le concept du « *cerveau tri unique* » (Mac Lean 1972) selon lequel le cerveau est passé, au fil du temps, à travers trois stades évolutifs : le cerveau reptilien, le cerveau paléo mammalien et le cerveau néo-mammalien. Chez l'humain et les mammifères les plus évolués, les trois cerveaux cohabitent. Le cerveau paléo mammalien que possèdent tous les mammifères correspond au système limbique. Dans cette conception, les émotions peuvent être considérées suivant une perspective évolutive et le circuit des émotions utiliserait des voies indépendantes de celle de la cognition.

---

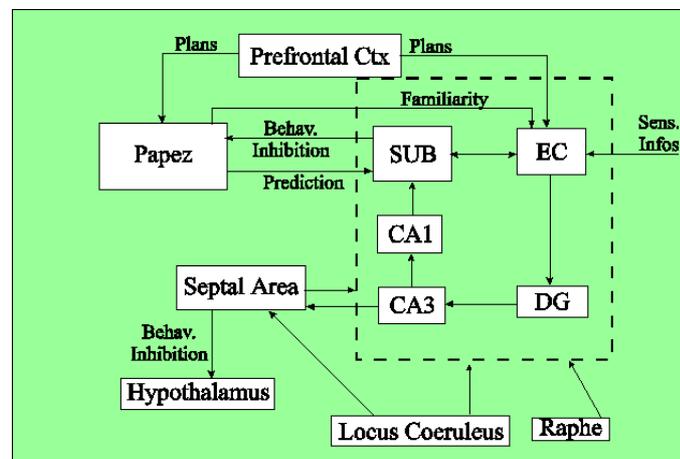
### 3.2.6. Le circuit de Pankseep

---

En 1982, Pankseep (1982) identifie le système émotionnel comme un système sensori-moteur « trans-limbique ». Il transmet les informations aux systèmes comportementaux (noyaux gris centraux, pédoncules cérébraux et les ganglions de la base) et aux systèmes cognitifs (néo-cortex). De façon réciproque ceux-ci transmettraient les informations corticales et motrices aux systèmes sensoriels (Pankseep, 1982, 1989 a, 1989 b). Il décrit 4 circuits primaires: **1)** le circuit de l'expérience positive : ganglions de la base, cortex orbito-frontal et télencéphale basal, **2)** le circuit de la reconnaissance de la colère et de la rage : partie cortico-médiale du corps amygdaloïde et le lobe temporal, **3)** le circuit de la peur : partie baso-latérale et centrale du corps amygdaloïde et cortex piriforme, **4)** et le circuit des émotions sociales (abandon, détresse) : noyau rouge de la striata terminalis, le gyrus cingulaire et cortex associatif.

### 3.2.7. L'approche de Gray

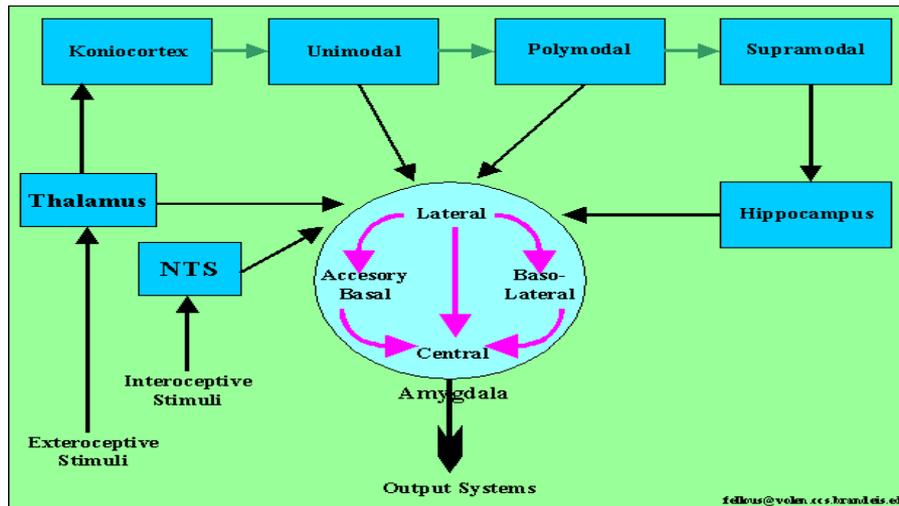
La même année, Gray distingue 3 sous-systèmes émotionnels : 1) conditionnement positif : voies dopaminergiques, 2) conditionnement négatif (aversif) : voies septo-Hippocampiques, 3) comportement aversif sans conditionnement. Pour Gray, le subiculum agirait comme un comparateur entre l'état du monde extérieur (au travers de ses connections avec le cortex entorhinal) et les attentes qu'il en a au travers du cortex préfrontal et le circuit de Papez (Gray, 1982 ; 1984 ; 1994) (Cf. fig. N° 2)



**Figure N° 2.** Le circuit de Gray : le subiculum est un comparateur entre les prédictions (Papez) et la réalité extérieure. En trait d'union la formation hippocampique. Schéma adapté à partir de Gray (1984).

### 3.2.8. L'approche de Le Doux

En 1986, Ledoux identifie le thalamus comme le centre où convergent les voies émotionnelles et non émotionnelles (Le Doux 1986, 1988). Cependant, contrairement à Cannon, Ledoux n'attribue pas au thalamus un pouvoir intégratif qu'il impute plus spécifiquement aux corps amygdaloïdes. Cet auteur estime que les corps amygdaloïdes sont le centre d'intégration de l'ensemble des émotions (Le Doux, 1988) et qu'en outre, ils sont impliqués dans le conditionnement de la peur (Pham et Rime 2000 ; Ledoux 1993 a ; Ledoux 1993 b). Les corps amygdaloïdes reçoivent d'une part, des informations abondantes et rapides directement du thalamus et du tractus du noyau solitaire et d'autre part, des informations plus lentes de l'ensemble des aires cérébrales corticales (Cf. fig. N°3).



**Figure N° 3.** D'après Mesulam (1977) : Koniocortex : cortex sensoriel primaire. Il s'agit d'une aire de projection suivant des modalités spécifiques. Aires d'association unimodale lieux de projection du koniocortex. Elles se projettent sur le corps amygdaloïde, le gyrus cingulaire et le cortex orbito-frontal. Les aires d'associations polymodales incluent le cortex frontal et des îlots de la circonvolution temporale supérieure, le gyrus cingulaire le cortex pro-rhinal, sub-rhinal et entorhinal. Les aires d'associations supra-modales intéressent la plupart du cortex pariétal inférieur ainsi que le cortex rhinal et le gyrus cingulaire. Le tractus du noyau solitaire (NTS) est localisé dans la moelle. Il est un des lieux de terminaison du nerf vague (afférence viscérale) qui projette sur le corps amygdaloïde. Il est à l'origine de la striata terminalis et de quelques noyaux de l'hypothalamus.

### 3.2.9. L'hypothèse des marqueurs somatiques de Damasio

En 1996, Damasio (1996) conclut que l'amygdale déclenche des états somatiques qui sont activés par des inducteurs primaires ou secondaires. Les inducteurs primaires sont des stimuli non conditionnés (programmés génétiquement) ou conditionnés qui amènent des réponses somatiques émotionnellement positives ou négatives. Dans ce cas, la représentation mentale de ces états somatiques peut demeurer non consciente (tronc cérébral) ou être perçue subjectivement (*feeling*) (cortex cingulaire postérieur, cortex insulaire / somato-sensoriel). Les inducteurs secondaires sont des représentations mentales générées par la mémoire autobiographique émotionnelle qui induisent des réponses somatiques positives ou négatives. Dans ce cas, le rappel d'un événement chargé émotionnellement peut amener à revivre l'état somatique associé à cet événement. Le cortex préfrontal ventro-médian génère des états somatiques à partir des inducteurs secondaires.

---

## 4. INCERTITUDES ET CONTROVERSES PERSISTANTES

---

### 4.1. Avant Ekman

---

La thèse de Darwin, selon laquelle les émotions s'expriment par le biais d'expressions faciales universelles, fut rejetée en raison du « *relativisme culturel* ». La pensée dominante à l'époque de Darwin imposait que l'expression émotionnelle est déterminée par la culture et le milieu. Elle résulte d'un long apprentissage éducatif « *What is show on the face is written there by the culture* ». Par conséquent, l'expression émotionnelle d'un individu était corrélée à sa naissance, son éducation et à l'environnement sociétal d'où il était issu. Cependant, des chercheurs comme Tomkins (1962), et Ekman (1969, 1971, 1972, 1975, 1976), non convaincus de cet aspect relativiste, entreprirent des recherches empiriques à l'appui de la thèse de « *l'universalité de l'expression des émotions* ».

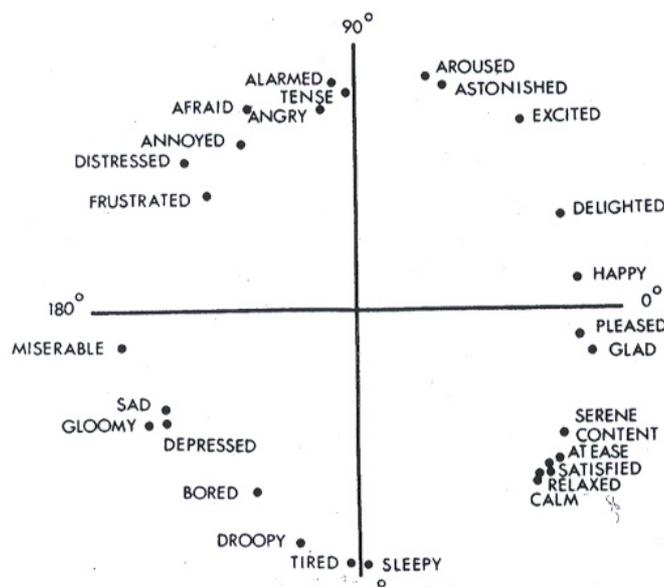
### 4.2. Après Ekman

---

L'approche scientifique des émotions débute dans les années 1970 avec les travaux de Paul Ekman. Le but de cet auteur était de donner un réel support scientifique à la théorie évolutionniste des émotions de Darwin et à leur universalité. Les travaux d'Ekman ont visé à étudier des groupes humains issus de sociétés fort éloignées les unes des autres. Chez des autochtones de continents, de pays et de cultures différentes, il a identifié une série de 6 émotions (la colère, le dégoût, la joie, la neutralité, la peur, la surprise et la tristesse) qui ont recueilli un consensus élevé. Il a dénommé ces émotions de « *prototypiques* » ou de « *canoniques* ». Par la suite, Ekman proposa un outil de recherche basé sur des images d'émotions canoniques afin de modéliser la totalité des émotions faciales qui ne se réduisent pas à uniquement aux six qu'il avait identifié (Ekman et *al.* 1971 ; 1982 ; 1992). En effet, pour cet auteur, certaines émotions non canoniques résultent de la combinaison d'émotions canoniques. La déception est une combinaison de surprise et de tristesse. Rapidement, nombre d'auteurs qui avaient adhéré à l'idée d'Ekman sur l'universalité des émotions

ont ouvert la discussion sur leur nombre (voir Orthony 1990 pour une revue). La question sur la nature émotionnelle de la neutralité est toujours d'actualité.

L'adoption consensuelle de la notion d'émotions canoniques a donné naissance à deux approches théoriques qui ont tenté d'expliquer le fonctionnement des processus de la reconnaissance faciale des émotions. La première dite « *catégorielle* » estime que les émotions canoniques sont reconnues distinctement les unes des autres. Cette théorie est corroborée par les tâches de discrimination émotionnelles qui mettent en évidence une reconnaissance catégorielle des émotions (Etcoff et Magee, 1992 ; Granato et Bruyer, 2002 ; Kohler et *al.* 2004 ; Webster et *al.* 2004). Par contre, la seconde défend une conception bidimensionnelle des émotions (Cf. fig. N° 4). Il s'agit de combinaisons variables, continues et très nombreuses de quelques dimensions de base (valence positive, négative, intensité, similarité) que l'on retrouve dans le « *circumplex model* » de Russel (Russell, 1980 ; Knez et *al.* 2001 ; Fabrigar et *al.* 2000 ; Fabrigar et *al.* 1997 ; Plutchik, 1962; Woodworth et Schlosberg, 1954 ; Ekman et O'Sullivan ; 1988). Dans ce cas, il n'existerait pas d'émotions canoniques. Il s'agirait plus d'un apprentissage social par identification. La controverse est toujours d'actualité, à l'avantage d'une voie intermédiaire.



**Figure N° 4.** Le « *circumplex model* » des affects défend l'aspect bidimensionnelle de la reconnaissance des émotions (d'après Russel, 1980).

Les travaux contemporains sur la reconnaissance émotionnelle conduisent à des résultats hétérogènes qui gênent les conclusions, les interprétations et les répliques des expériences. Cette difficulté tient aux choix : **1)** des populations (sexe, âge, niveau d'étude), **2)** des émotions canoniques utilisées (nombre, type) (Indersmitten et Gur 2003), **3)** des outils de mesure, **4)** des tâches, **5)** des niveaux scolaires, **6)** des cadres expérimentaux (Calder et *al.* 2000, Keane et *al.* 2002 ; Sprengelmeyer et *al.* 1996 ; Sprengelmeyer et *al.* 1997), **7)** et de l'aspect statique ou dynamique des stimuli photographiques ou vidéos utilisés (Biele et Grabowska, 2006), **8)** le caractère spontané d'une émotion ou imposé par le photographe.

---

### 4.3. Nécessité d'un consensus opératoire pour les émotions canoniques

---

Ces émotions prennent différents qualificatifs : « primaires », « *canoniques* », « *prototypiques* », « *de base* », « fondamentales », ce qui témoigne du faible consensus sur leur nombre et la définition de chacune d'elles ; la controverse est toujours d'actualité, comme le montre le tableau 1.

Auteur	Emotions de base	Explications
Plutchik (1980)	Acceptation, colère, anticipation, dégoût, joie, peur, tristesse, surprise.	En relation avec des processus d'adaptations biologiques.
Arnold (1960)	Colère, dégoût, courage, abattement, envie, désespoir, peur, haine, espoir, amour, tristesse.	En rapport avec l'environnement.
Ekman, Friesen et Ellsworth (1982)	Colère, dégoût, peur, joie, tristesse, surprise.	Expressions faciales universelles.
Frijda (1986)	Envie, joie, intérêt, surprise, émerveillement.	Patrons d'actions préprogrammées.
Gray (1982)	Rage, terreur, anxiété, joie.	Support organique.
Izard (1971)	Colère, mépris, dégoût, détresse, peur, culpabilité, curiosité, joie, honte, surprise.	Support organique.
James (1824)	Peur, tristesse, amour, rage.	Implication corporelle.
McDougall (1926)	Colère, dégoût, enthousiasme, peur, assujettissement, tendresse, surprise, émerveillement.	Dépendances instinctuelles.
Mowrer (1960)	Douleur, plaisir.	Etat émotionnel non appris.
Oatley et Johnson-Laird (1987)	Colère, dégoût, angoisse, joie, tristesse.	Ne nécessite pas de base organique.
Panksepp (1982)	Espoir, peur, rage, peur panique.	Support organique.
Tomkins (1984)	Colère, curiosité, mépris, dégoût, détresse, peur, joie, honte, surprise.	Fonction de « l'allumage » neuronal.
Watson (1930)	Peur, amour, rage	Support organique.
Weiner et Graham (1984)	Joie, tristesse.	Fonctionnalités indépendantes.

**Tableau 1** .Dénombrement des émotions « prototypiques » (D'après Ortony and Turner, 1990).

Malgré la multiplicité des propositions, la majorité des auteurs actuels s'inspirent des travaux d'Ekman et de Friesen (1969, 1971, 1972, 1975, 1976). Les expressions du répertoire émotionnel proposé par ces derniers sont décrites à partir d'un système de codification des changements

d'apparence du visage, le « *Facial Action Coding System* » : F.A.C.S. (Ekman et Friesen 1978 a, b). Le FACS est constitué de 44 composantes faciales de base, appelées « *unité d'action* ». Chaque unité est définie par les effets qu'elle produit sur des parties spécifiques du visage. Les expressions émotionnelles du répertoire sont la résultante de l'action d'une ou plusieurs unités d'actions qui varient en intensité. Les combinaisons conduisent au total à plus d'une centaine d'expressions ; chaque émotion pouvant être exprimée par plusieurs expressions du visage.

---

## 4.4. Principales caractéristiques des émotions canoniques selon Ekman

---

### 4.4.1. La colère

---

Cette émotion est peu étudiée chez l'homme. Il existe peu de données neurobiologiques. L'association de la colère, de l'impulsivité, de la violence, et d'une désinhibition émotionnelle est constitutive du syndrome du lobe frontal (Petty et *al.* 1996 ; Gedye 1989 ; Blair et Cipolotti 2000). Raine et *al.* (1997, 1998, 2000) constatent une diminution du métabolisme préfrontal lors d'un passage à l'acte « hétérolytique » chez des sujets qui présentaient un syndrome du lobe frontal.

Les observations ethnologiques et psychologiques font de la colère, une émotion secondaire, intense et paroxystique et qui ne serait qu'une forme maîtrisée de la rage. Il semblerait que le processus de colère apparaisse dès que l'enfant est capable d'inférence causale et dès lors qu'il a une compréhension de la survenue d'événements lui portant préjudice par un agent externe responsable. La colère serait de la rage dirigée vers l'agent responsable d'événements négatifs. L'atteinte bilatérale de l'amygdale entraîne un déficit de reconnaissance de la colère sur autrui (Sato et *al.* 2002).

## 4.4.2. Le dégoût

---

Le dégoût est la réaction secondaire à l'ingestion d'un aliment, à une odeur ou à la proximité excessive d'un objet ou d'une idée difficile à accepter. La personne se refuse d'accueillir ou d'intégrer cet élément qui est considéré comme toxique, voire dangereux. Le sujet a une impulsion forte et souvent innée qui vise à éviter ou à se débarrasser de la cause du désagrément.

La reconnaissance du dégoût sur le visage d'autrui est déficitaire dans les traumatismes (Calder et al. 2000) et les maladies neurologiques qui lèsent les noyaux gris de la base : chorée de Huntington (Sprengelmeyer et al. 1996 ; Gray et al. 1997) ; troubles obsessionnels compulsifs (Sprengelmeyer et al. 1997) ; la maladie de Parkinson (Sprengelmeyer et al. 2003, Suzuki et al. 2006). Pour cet auteur, le neuromédiateur des régions cérébrales impliquées dans la reconnaissance du dégoût est la dopamine. Cette difficulté est exacerbée si le patient n'est pas traité. Pour Morris et al. (1996), le dégoût n'est pas affecté par le vieillissement à l'inverse de la peur. Ce constat vient renforcer l'idée d'un substrat neural différent pour ces deux émotions. Sprengelmeyer et al. (1998) confirment l'existence d'une double dissociation entre la peur et le dégoût. La reconnaissance du dégoût provoque une augmentation des signaux dans l'insula et les ganglions de la base (Philips et al. 1997 ; Philips et al. 1998 ; Sprengelmeyer et al. 1996, 1998).

---

## 4.4.3. La joie

---

La joie s'exprime de façon universelle, visant à transmettre une information en rapport avec des dispositions positives de bien être, de plaisir et d'amitié. Cette expression est facile à reconnaître : en soumettant à des sujets des photographies exprimant la joie, il a été mesuré que cette émotion pouvait être reconnue en moins de 20 millisecondes (Killgore et Yurgelun, 2004). Il s'agit d'une perception non consciente qui active les cinguli antérieurs gauches et droits et les corps amygdaloïdes gauche et droite (Killgore et Yurgelun, 2004). La consommation de petites quantités d'alcool améliore la reconnaissance de la joie mais ne modifie nullement la

reconnaissance de la colère de la tristesse (Kano et *al.* 2003). Par contre, des prises chroniques d'alcool conduisent à un réel trouble de la reconnaissance des émotions, ce qui n'est pas le cas des sujets dépendants aux opiacés (Foisy et *al.* 2005).

---

#### 4.4.4. La peur

---

La peur est associée à la sensation d'une menace pour notre sécurité et notre identité. Elle porte sur une situation spécifique. Depuis une décennie, l'imagerie cérébrale a établi un lien fort entre la reconnaissance de la peur et l'activation des corps amygdaloïdes (Breiter et *al.* 1996 ; Morris et *al.* 1996 ; Whalen et *al.* 1998). Campbell et *al.* (2002) estime que les corps amygdaloïdes sont impliqués dans l'apprentissage de la vie sociale qui inclut l'identification des visages et le repérage des personnes dangereuses pour la sécurité de l'observateur ; cela de façon plus importante chez la femme que chez l'homme (Campbell et *al.* 2002). Leppanen et Hietanen (2001) retrouvent cette différence entre garçons et filles de 7 à 10 ans. Ces résultats semblent en opposition avec les travaux de Gur et *al.* (2002) pour qui l'activation du complexe amygdalo-hippocampique est d'une part, sans lien avec le sexe des observateurs et d'autre part, activé de manière non spécifique dans la reconnaissance faciale de la joie, de la tristesse, de la colère, de la peur et du dégoût. Par conséquent, la possibilité d'un traitement global de ces émotions par les corps amygdaloïdes et les hippocampes est de plus en plus évoqué. Cependant, seul des appareils d'imagerie de hautes sensibilités pourraient le mettre en évidence. Néanmoins, cela n'exclut pas un traitement privilégié de la peur par les corps amygdaloïdes.

---

##### 4.5.5.1. Contagiosité de la peur

---

L'observation des interactions humaines montre qu'un individu peut être « *contaminé* » par les émotions de son interlocuteur. Hatfield (1992) estime qu'il existe une participation automatique, inconsciente et rapide qu'il nomme « *primitive emotional contagion* » « *contagion émotionnelle primitive* ». De plus, pour cet auteur, les femmes seraient plus sensibles à ce

phénomène de contagiosité émotionnelle. Wild et *al.* (2001) ont confirmé l'existence de la « *contagion émotionnelle primitive* » qui en outre posséderait un substratum organique. Cependant, il ne retrouve pas de différence liée au sexe de l'observateur. Pour De Gelder et *al.* (2004), le substrat qui gère la contagion de la peur concernerait des circuits sous corticaux qui se déclencheraient automatiquement à la simple vue d'une expression de peur, ou d'attitudes corporelles qui expriment la peur, cela même si le sujet n'y prête pas attention ou n'en a pas conscience (images subliminales exprimant la peur). Ce circuit sous cortical semble autonome en dehors d'un réel assujettissement par le néocortex et la conscience (Liddell et *al.* 2005 ; Phillips et *al.* 2004 ; Stone et *al.* 2001 ; Katkin et *al.* 2001). Conséquemment, le circuit qui sert à reconnaître la peur sur un visage oblige aussitôt l'observateur à l'exprimer (Gallese et *al.* 2003 ; Leslie et *al.* 2004). Il en résulte une démultiplication de l'expression de la peur sur le visage des observateurs. La communication rapide et précise d'une menace vitale à l'ensemble des individus du groupe, aurait pour résultante la fuite; la préservation de l'individu, du groupe étant en jeu. Les « *neurones miroirs* » (Gallese et *al.* 2003 ; Bodini et *al.* 2004 ; Gallese et *al.* 2004 ; Garbarini et Adenzato 2004) semblent contribuer pour partie à ce phénomène de contagion émotionnelle et plus particulièrement pour la peur. Ils constituent un système localisé dans le cortex préfrontal avec des afférences et des efférences qui l'associe au système limbique et plus précisément aux corps amygdaloïdes en plus du cortex pré moteur et moteur. Le dysfonctionnement de ce système de « *neurones miroirs* » pourrait expliquer les troubles du contact et l'évitement du regard dans les troubles envahissant du développement (l'autisme de Kanner et pathologie d'allure autistique) (Dapretto et *al.* 2006). En conclusion, après avoir perçu la peur, nous la communiquons à notre tour et cela malgré nous, ce qui peut expliquer le caractère contagieux de la peur (Hatfield et *al.* 1992 ; 1994 ; Decety et *al.* in 2005). Ce phénomène serait un mécanisme de défense qui aurait pour vocation la pérennité de l'espèce face à une situation de danger (Darwin, 1872).

#### 4.4.4.2. Les circuits neuronaux de la peur

---

Les corps amygdaloïdes permettent la reconnaissance de la peur dans la gestuelle du corps dans l'expression d'un visage ou dans les sons cela en moins de quelques dixièmes de secondes (Hadjikhani et De Gelder, 2003 ; De Gelder et *al.* 2004). Les corps amygdaloïdes jouent un rôle pivot dans l'évaluation et la signification émotionnelle des stimuli alors que l'hypothalamus est impliqué dans une fonction neuroendocrine et végétative secondaire à la reconnaissance des émotions. Le stimulus sensoriel évoquant la présence d'un danger pour l'organisme va d'abord atteindre le thalamus. Ensuite, il sera pris en charge par les corps amygdaloïdes qui auraient deux niveaux de traitement de l'influx nerveux : **1)** le noyau central qui envoie des afférences à l'hypothalamus, **2)** les noyaux basolatéraux qui envoient des afférences au lobe temporal (Morris et *al.* 1996). Ceux-ci sont à l'origine de deux voies parallèles : **1)** la voie thalamo-amygdalienne (*route courte*) qui véhicule une reconnaissance grossière et rapide d'une situation. C'est une voie sous corticale qui ne bénéficie pas de la cognition, **2)** la voie thalamo-cortico-amygdalienne (*route longue*) qui précise la véritable nature du stimulus menaçant et s'il y a lieu de la nécessité de s'en inquiéter.

---

#### 4.4.4.3. Lésions des corps amygdaloïdes

---

L'atteinte bilatérale des amygdales chez l'être humain compromet gravement la reconnaissance visuelle de la peur et, à un moindre degré, la colère sur le visage alors que la reconnaissance de l'identité reste préservée, il s'agit d'une double dissociation (Adolphs et *al.* 1994 ; 1995 ; Calder et *al.* 1996 b ; Scott et *al.* 1997 ; Sprengelmeyer et *al.* 1999 ; Posamentier et Abdi. 2003). L'atteinte unilatérale des corps amygdaloïdes ne perturbe pas la reconnaissance de la peur. Pour Adolphs et *al.* (1995) les corps amygdaloïdes serviraient à relier une reconnaissance visuelle à une représentation visuelle, elle-même reliée à une représentation mentale du concept de peur.

Chez l'Homme, l'atteinte sélective des amygdales est une situation rare. La maladie d'Urbach-Wiethe constitue une situation pathologique unique dans la compréhension du fonctionnement des corps amygdaloïdes (Tranel et *al.* 1990 ; Markowitsch et *al.* 1994 ; Ghika-Schmid et *al.* 1997) et la régulation des émotions. Nahm et *al.* (1993) avaient identifié la patiente S.M. qui présentait une destruction bilatérale des corps amygdaloïdes secondaire à la maladie d'Urbach-Wiethe. Cette dernière avait une intelligence normale capable de nommer les personnes sur photographies et de reconnaître la joie, la tristesse ou le dégoût. Par contre, elle éprouvait des difficultés à reconnaître la peur et la colère. Après, un délai de 12 ans la même patiente S.M. a fait l'objet d'une nouvelle publication par Adolphs et *al.* (2005). Pour lui, la difficulté à reconnaître les émotions serait liée à un mauvais usage de l'exploration visuelle spontanée et improvisée du « *regard directionnel* » vers la région péri oculaire d'autrui. En effet, pour cet auteur, il suffisait de demander à la patiente S.M. de regarder précisément les yeux de son interlocuteur pour qu'elle reconnaisse la peur de façon tout à fait normale. Pour ce cas unique, l'incapacité à reconnaître la peur ne semble pas intrinsèque aux lésions des corps amygdaloïdes.

---

#### 4.4.4.4. La stimulation des corps amygdaloïdes

---

Selon le site stimulé, on observe un état de vigilance et d'attention plus intense. Chez le chat, la stimulation de la partie latérale du corps amygdaloïde peut susciter un mélange de peur et de violence avec agressivité. Chez l'Homme, la stimulation des corps amygdaloïdes conduit à un sentiment d'anxiété et de crainte (Vianna et *al.* 2004 ; Protopopescu et *al.* 2005 ; Wright et *al.* 2003).

---

#### 4.4.5. La surprise

---

La surprise doit être distinguée de la peur. L'expression de la surprise est éphémère et difficile à détecter ou à enregistrer en temps réel et plus encore sur un plan expérimental. Le

plus souvent elle est réactionnelle à un événement ou à une situation imprévue. L'expression de la surprise est brève. Elle anticipe une autre émotion en réponse à l'objet ou l'idée qui est à l'origine de la surprise et semble avoir un rôle d'amplificateur des affects subséquents (Charlesworth 1969 ; Oliver 1989 ; Westbrook et Oliver 1991, Oliver *et al.* 1997).

La surprise a fait l'objet de peu d'études. La littérature psychologique est la plus prodigue et la surprise y est considérée comme une émotion autonome (Bain 1874, Ribot 1896, Warren 1920, Woodworth et Schlosberg 1954, Charlesworth 1969, Izard 1977, Ekman et Friesen 1975, Plutchik 1980, Derbaix et Pham 1989). En outre, certains auteurs qualifient la surprise « *d'émotion fondamentale ou primaire* » (Izard et Buechler 1980, Plutchik 1980 a, b, c, d). Les travaux récents (Meyer et Niepel 1994, Reisenzein 1998, Reisenzein *et al.* 1996, Schützwohl *et al.* 1998) confirment la description de Ekman et Friesen (1975), Izard (1977) et Plutchik (1980 a, b, c, d) pour qui la surprise est « *une émotion de courte durée et de tonalité hédonique neutre* ». Cette émotion peut résulter d'un événement inattendu ou mal anticipé, (Berlyne *et al.* 1960 ; Darwin 1872 ; Ekman et Friesen 1975 ; Izard *et al.* 1977, 1991 ; Meyer *et al.* 1988 ; Plutchik *et al.* 1980 a, b ; Scherer *et al.* 1984) qui peut être conceptualisé comme une non confirmation des attentes ou de divergence par rapport au « *schéma théorique* » (Meyer *et al.* 1991 ; Rumelhart *et al.* 1984 ; Rumelhart *et al.* 1986 ; Stiensmeier-Pelster *et al.* 1995). Un schéma théorique est une anticipation personnelle et informelle à propos de la nature de la réalité, (Rumelhart *et al.* 1984 ; Rumelhart *et al.* 1986). D'autres auteurs considèrent que la surprise ne fait pas partie des émotions fondamentales et même qu'il ne s'agit même pas d'une émotion (Clore *et al.* 1987 ; Ortony *et al.* 1988) parce qu'elle n'a pas de valence. Le socle de ces désaccords est le fait qu'il n'existe pas encore aujourd'hui de définition consensuelle sur la nature intrinsèque d'une émotion et plus encore pour une émotion fondamentale. La littérature contemporaine contourne cet obstacle et décrit cette émotion comme un « syndrome de réactions » (Meyer *et al.* 1997 ; Reisenzein *et al.* 1998 a, b ; Reisenzein *et al.* 1996 ; Schützwohl *et al.* 1998). Autrement dit, comme un ensemble de « *patrons de réactions* » (Vanhamme 1999

a ; Vanhamme 1999 b ; Vanhamme 2000) plus ou moins spécifiques aux niveaux : **1)** physiologiques (changements du rythme cardiaque et de la respiration, meilleure conductibilité de la peau), **2)** subjectifs (sentiment subjectif de surprise), **3)** comportementaux (expression faciale spécifique de surprise, yeux et bouches ouverts, sourcils levés, interruption des activités en cours) (Reisenzein et *al.* 1998 a, b ; Reisenzein et *al.* 1996).

---

#### 4.4.6. Tristesse

---

La tristesse révèle un manque affective. Elle est d'autant plus importante que la perte ou le manque est vécu de façon considérable sur un plan subjectif. Il est surprenant de constater les difficultés à obtenir une ou des définitions de la tristesse compte tenu de l'omniprésence de cette émotion.

---

## 5. LES CADRES CONCEPTUELLES DE L'EXPERIENCE EMOTIONNELLE

---

### 5.1. L'anhédonie

---

L'anhédonie fait référence à une capacité déficitaire dans l'expérience et le ressenti du plaisir (Ribot, 1896). On distingue une anhédonie physique et d'une anhédonie sociale. Il existe un lien entre alexithymie et anhédonie (Krystal et *al.* 1988 ; Sifneos et *al.* 1987). Il s'agit d'un symptôme trans-nosographique qui intéresse plus précisément la schizophrénie, la dépression, la Maladie d'Alzheimer et des personnalités pathologiques de type schizoïdes, borderline, etc. Pour Loas et Pierson (1989) il existe plusieurs types d'anhédonies. L'anhédonie de la schizophrénie déficitaire (Loas et *al.* 2000), l'anhédonie des dépressions endogènes unipolaires (Loas et *al.* 1998), l'anhédonie comme trait de personnalité. Les auteurs ressentent la nécessité d'un outil suffisamment sensible pour les distinguer.

## 5.2. L'alexithymie

---

L'alexithymie se définit par un ensemble de quatre axes : **1)** une difficulté à identifier et à distinguer les états émotionnels, **2)** une difficulté à verbaliser ses états émotionnels à autrui, **3)** une vie fantasmatique réduite, **4)** un mode de pensée tourné vers les aspects concrets de l'existence, au détriment de leurs aspects affectifs ou "pensée opératoire" (Taylor et *al.* 1997). Ce symptôme est prédominant dans nombre de pathologies mentales et somatiques (Mellor et Dagnan, 2005) ainsi que dans l'anorexie mentale et la boulimie, auxquelles s'ajoute une incapacité à reconnaître les émotions faciales (Kessler et *al.* 2006 ; Zonneville-Bender et *al.* 2002). Les problèmes interpersonnels et familiaux sont plus nombreux chez les sujets avec alexithymie en raison d'une difficulté à reconnaître les émotions faciales (Spitzer et *al.* 2005). L'alexithymie apparaît comme un déficit dans l'expérience consciente de l'émotion. Pour Lane et *al.* (1997 a, 2000) il s'agirait d'une perturbation de la transmission de l'information émotionnelle intéroceptive au cortex cingulaire antérieur. En effet, il existe une activation anormale de ce cortex chez des alexithymiques (Leweke et *al.* 2004).

## 5.3. L'intelligence émotionnelle

---

Elle représente un concept récent (Mayer et *al.* 1990). Pour Salovey et Mayer (2002), l'intelligence émotionnelle associe: **1)** la capacité d'être conscient de ses propres émotions et de les exprimer, **2)** la capacité d'être conscient des émotions d'autrui et d'établir des relations interpersonnelles, **3)** la capacité de réguler ses émotions, **4)** la capacité de résoudre des problèmes de nature personnelle ou interpersonnelle, **5)** la capacité de générer un état émotionnel positif afin d'être suffisamment motivé pour atteindre des objectifs personnels. Des lésions sélectives de l'amygdale droite, du cortex insulaire droit et du cortex préfrontal ventromédian droit et gauche entraînent des perturbations de l'intelligence émotionnelle (Bar-On et *al.* (2003).

---

## 5.4. Reconnaissance des émotions faciales ou habilité sociale

---

La capacité à identifier précisément une émotion, à fortiori si elle est à peine ébauchée, représente un avantage. Cette habilité sociale permettrait à un individu une représentation mentale correcte des « *dispositions d'esprit* », ainsi que des intentions, et permettrait, de prédire le comportement et les orientations décisionnelles de son interlocuteur. Cette compétence est appelée « *théorie de l'esprit* » (« *theory of mind* ») (Premack et Woodruff, 1978 ; Ida Gobbin et *al.* 2004 ; Lewis et *al.* 2003). Une sensibilité élevée dans la reconnaissance des émotions faciales, prédisposerait à cette disposition d'esprit qui pourrait être une forme « *d'intelligence sociale* ». L'existence d'un lien social en l'absence de langage articulé doit nécessairement utiliser cette disposition d'esprit pour communiquer, tout au moins, par la lecture des émotions faciales. L'étude des autistes conduit Baron-Cohen et *al.* (1985 ; 1998 ; 1991 ; 1994) à penser que cette compétence résulte de l'association, d'un détecteur du regard directionnel, puis d'un détecteur d'intentionnalité, ensuite d'un partage attentionnel, et enfin de la « *théorie de l'esprit* ». Baron-Cohen, estime que le regard directionnel est primordial dans le fonctionnement de la « *Théorie de l'esprit* ». La lecture de certaines émotions faciales se fait majoritairement dans la région autour des yeux et pour Baron – Cohen les autistes seraient incapables de « *lire* » cette région (Adolphs et *al.* 2002). Le lien entre regard directionnel, et théorie de l'esprit est apporté par Calder et *al.* (2002) ; il constate en PET une activation de la partie médiale du lobe frontal dans les tâches de regard directionnel et de théorie de l'esprit. Pour Sterzer et *al.* (2005), les patients avec des troubles des conduites sociales présenteraient d'une part, un trouble de la reconnaissance des émotions faciales et d'autre part, un trouble du contrôle cognitif du comportement émotionnel. La résultante serait une propension au comportement agressif. La projection d'images à valences émotionnelles positives ou négatives est sans effet sur la conductance électrodermale chez des adolescents avec des conduites antisociales (Herpertz et *al.* 2003, 2005).

---

## 6. APPORT DE L'IMAGERIE FONCTIONNELLE D'ACTIVATION DES EMOTIONS

---

### 6.1. Imagerie par résonance magnétique nucléaire fonctionnelle

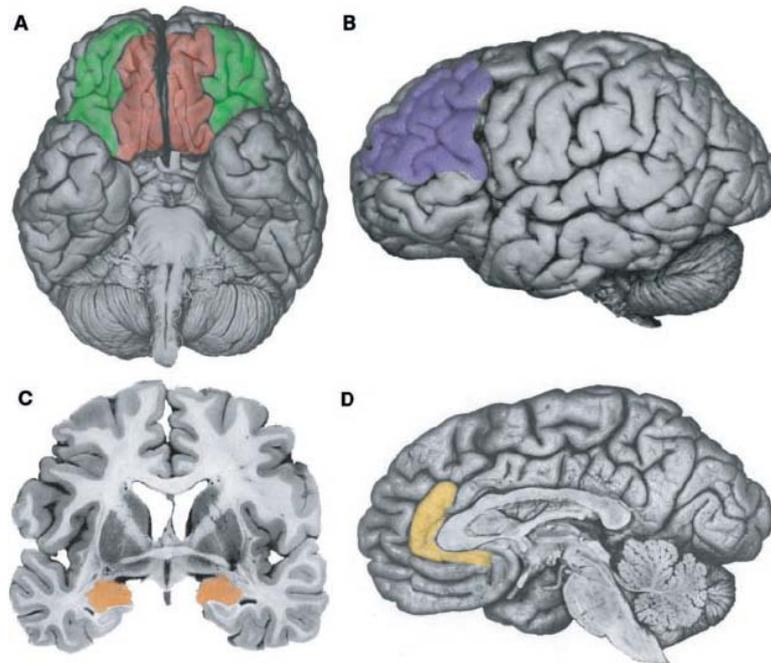
---

L'ensemble des travaux de la littérature confirme l'implication réelle des corps amygdaloïdes dans la reconnaissance de la peur (Phillips et *al.* 1997). Sato et *al.* (2004 a ; 2004 b) constatent l'activation du **corps amygdaloïde gauche** lorsqu'on montre au sujet un visage qui exprime la peur, ce qui n'est pas le cas s'il s'agit de la joie. Par contre, la joie et la peur activent la partie inférieure du cortex occipital, la partie moyenne du lobe temporal, les gyri fusiformes et la partie ventrale du cortex pré-moteur droit (Sato et *al.* 2004 a ; 2004 b). Pour cet auteur, il s'agirait du substrat neural impliqué dans la composante perceptive, cognitive et motrice de l'expression de ces émotions. Les travaux de Fitzgerald et *al.* (2005) accordent un rôle plus exhaustif à l'amygdale gauche qui interviendrait dans le traitement de la peur, du dégoût, de la colère, de la neutralité et de la joie (Fitzgerald et *al.* 2005).

La méta-analyse de Phan et *al.* (2002) indique que **1)** le cortex préfrontal médial est impliqué dans l'ensemble des processus émotionnels, **2)** la peur implique spécifiquement l'amygdale, **3)** la tristesse intéresse le cortex cingulaire sous calleux, **4)** le cortex occipital et les corps amygdaloïdes sont activés lors de la présentation visuelle des émotions, **5)** la réminiscence émotionnelle visuelle des émotions active le cortex cingulaire antérieur et l'insula. Sprengelmeyer et *al.* (1998) constatent que dans la chorée de Huntington (Sprengelmeyer et *al.* 1996), dans les troubles obsessionnels compulsifs (Sprengelmeyer et *al.* 1997) et dans la maladie de Parkinson idiopathique (Sprengelmeyer et *al.* 2003), il existe une incapacité à identifier le dégoût sur les visages. Tandis que dans des lésions circonscrites aux corps amygdaloïdes chirurgical (Brierley et *al.* 2004) ou maladie de système telle la maladie d'Urbach-Wiethe (Markowitsch et *al.* 1994 ; Siebert et *al.* 2003)

la peur n'est plus perçue quel que soit le vecteur sensoriel utilisé (visage, voix, gestuelle). Hadjikhani et *al.* (2003) constatent que la gestuelle du corps qui exprime la peur active les corps amygdaloïdes et les gyri fusiformes (Adolph et *al.* 1995). Il en est de même pour l'audition des signaux auditifs non verbaux qui expriment la peur (cries) (Sander et *al.* 2003). Une attitude corporelle neutre éteint les amygdales. Pour ces auteurs, ces deux structures sont le passage d'un ensemble de signaux qui expriment la peur et qui passent par les canaux communicationnels de la vision (le visage, la gestuelle) et l'audition (Sprengelmeyer et *al.* 1999). Pour Sprengelmeyer, il s'agit d'une double dissociation qui confirmerait l'existence de réseaux spécifiques et distincts au traitement du dégoût, de la peur et de la colère. Le cortex frontal gauche (aire 47 de Brodmann) serait le point de convergences des efférences des circuits émotionnels du dégoût de la peur et de la colère.

L'ensemble des résultats suggère que certaines structures sont spécifiquement impliquées dans le traitement des expressions : l'insula et les ganglions de la base pour le dégoût, (Hennenlotter et *al.* 2004) ; l'amygdale pour la **peur** (markowitsch et *al.* 1994) et la **colère** (Siebert et *al.* 2003). Selon ces auteurs, la mise en évidence d'une activation du gyrus frontal inférieur associée à ces trois expressions faciales suggérerait que les systèmes spécifiques de chacune de ces émotions convergeraient vers les structures frontales, où le traitement du signal émotionnel se poursuivrait. La neutralité émotionnelle qui correspond à une tâche d'identification de l'identité impliquerait les amygdales gauche et droite (Wright et Liu 2006).



**Figure N° 6**, d'après Davidson et al. (2000 a) et De Armond et al. (1989) : Les structures clefs qui participent à la régulation des émotions. (A) en vert le cortex préfrontal orbital et en rouge le cortex préfrontal ventromédial. (B) le cortex préfrontal dorsolatéral. (C) l'amygdale. (D) le cortex cingulaire antérieur. Chacune de ces structures sont interconnectées et interviennent dans les différents aspects de la régulation des émotions. Un dysfonctionnement d'une ou de plusieurs de ces régions ou des interconnexions provoque un trouble dans la reconnaissance et l'expression des émotions avec une propension à des agressions impulsives et de la violence.

---

## 6.2. Tomographie par émission de positons (PET)

---

Plusieurs travaux suggèrent qu'il existerait une spécificité d'activation cérébrale qui dépendrait du type d'émotion identifiée (Pham et al. 2000). La reconnaissance de la joie, de la peur et du dégoût active le thalamus, le cortex préfrontal interne (aire 9 de Brodmann) les structures temporales antérieures et postérieures. De façon plus précise on constate que : 1) la joie provoque une activation spécifique du cortex entorhinal, 2) la peur du thalamus médian et du cortex orbito-frontal gauche, 3) le dégoût du cortex orbito-frontal gauche (Reiman et al. 1997). Pour Lane et al. (1997 b), il existe un métabolisme plus important dans la partie médio ventrale du cortex frontal pour la joie comparativement à la peur. Pour le même auteur la joie, la tristesse et le dégoût activent individuellement le thalamus et le cortex préfrontal médial (aire 9 de Brodmann).

Alors que la peur, le dégoût et la joie font l'objet d'une attention particulière par la plupart des auteurs, Blair et *al.* (1999) étudient la tristesse et la colère avec des images qui montrent des expressions émotionnelles d'intensité croissante. Ils constatent que l'augmentation de l'intensité de la tristesse provoque une augmentation du métabolisme du corps amygdaloïde gauche et du pôle temporal droit. L'augmentation de l'intensité de la colère conduit à une augmentation du métabolisme du cortex orbito-frontal et du cortex cingulaire antérieur. Déjà en 1996, Morris et *al.* (1996) constataient une implication du corps amygdaloïde gauche nettement plus importante dans la reconnaissance de la peur et moindre dans la reconnaissance de la joie. Cependant, une analyse plus fine mettait en évidence un débit cérébral qui augmentait parallèlement avec l'augmentation de l'intensité de la reconnaissance de la peur et à contrario, une diminution du débit cérébral avec une augmentation de l'intensité émotionnelle de la joie. Ce travail vient conforter l'idée de l'implication des corps amygdaloïdes dans la reconnaissance de nombreuses émotions mais avec une spécificité voir une spécialisation dans la reconnaissance de la peur.

L'utilisation d'un PET scan (Leppanen et *al.* 2003) a permis de constater que l'intensité de l'activation du corps amygdaloïde gauche est proportionnelle à l'intensité de la reconnaissance faciale de la peur et inversement proportionnelle à l'intensité de la reconnaissance de la joie. En effet, on assiste à une diminution de l'activation du corps amygdaloïde gauche avec l'augmentation de l'intensité de la joie lors de la présentation d'images issues d'images transitionnelles. Cette expérience accrédite l'idée d'une non implication du corps amygdaloïde gauche dans la reconnaissance de la joie.

---

### 6. 3. Asymétries hémisphériques et émotion

---

Pour Tucker et *al.* (1981 a, b), l'hémisphère droit est plus impliqué dans le traitement de l'information émotionnelle que l'hémisphère gauche car d'une part, il représente l'expérience à l'aide d'un code analogue plutôt que verbal et d'autre part, il traite l'information de manière holistique plutôt que séquentielle et analytique. En outre pour Ross et *al.* (1981 a, b), l'hémisphère droit est

plus associé à la dimension communicative des émotions. Le même auteur estime que les formes les plus primitives d'émotions (généralement à valence négative) sont plus fortement représentées dans l'hémisphère droit. Par contre, les émotions sociales, plus récente sur l'axe, phylogénétiques sont principalement représentées dans l'hémisphère gauche (Ross et *al.* 1993, 1997). Globalement, il ressort une suprématie de l'hémisphère gauche pour les émotions positives et de l'hémisphère droit pour les émotions négatives (Davidson et *al.* 1982, 2004 a, 2004 b). Pour Gainotti (1983, 1984) cette dichotomie est trop catégorielle. Il postule l'existence d'un principe hiérarchique qui régule les représentations émotionnelles dans les deux hémisphères. Ce principe serait relié à des niveaux différents du traitement émotionnel plus qu'à des catégories d'émotions. Dans cette hypothèse, l'hémisphère droit intégrerait des schémas émotionnels automatiques et sur appris ; tandis que l'hémisphère gauche prendrait en compte la conceptualisation et le contrôle émotionnel « *situationnel* ». A ce titre, le développement du langage dans l'hémisphère gauche pourrait avoir grandement augmenté la capacité de contrôle intentionnel de cet hémisphère (Luria 1977). Cependant, l'anatomie fonctionnelle qui associe les deux hémisphères est mal connue (Godefroy, 1999, 2000).

---

## 6.4. Le cortex cingulaire antérieur

---

La neuro-imagerie fonctionnelle du sujet sain attribut un rôle majeur à la portion dorsale du cingulum qui est impliquée dans l'attention et l'expérience émotionnelle subjective. La portion rostrale participe dans la conscience réflexive liée à l'émotion. Autrement dit, la métacognition est la « *conscience d'être conscient* » soit une représentation des états du « *moi* » (Vogt et Laureys 2005 ; Vakalopoulos, 2005).

---

## 6.5. Effets des lésions de régions cérébrales spécifiques

---

### 6.5.1. Hémisphère gauche.

---

L'atteinte lésionnelle dans la région de Wernicke peut affecter la compréhension du discours parlé ou écrit qui a pour but la communication d'une émotion. A contrario, l'agraphie et l'aphasie entraînent une difficulté à communiquer l'émotion sur le plan verbal ou par écrit. L'atteinte préfrontale gauche provoque des difficultés d'intégration de l'expérience émotionnelle qui se fait sur un mode dépressif avec un syndrome anxieux et une agitation (Starkstein et *al.* 1987, 1989 a, b ; 1991). Les lésions de l'hémisphère gauches s'associent à un syndrome anxieux avec détresse, agitation (Gainotti et *al.* 1972 a, b ; 2001; Starkstein et *al.* 1990 ; Jorge et *al.* 1993).

---

### 6.5.2. Hémisphère droit.

---

L'atteinte de l'hémisphère droit provoque un trouble de la reconnaissance des expressions des émotions sur le visage (Braun et *al.* 2005). L'atteinte des régions pariéto-temporales entraîne un déficit au niveau de la discrimination de la prosodie (dysprosodie) émotionnelle (Tompkins et Flowers 1985). L'intégration de l'expérience émotionnelle est de l'ordre de l'indifférence, voire plus rarement, de l'euphorie. Les lésions préfrontales sont le plus souvent associées à un déficit dans l'expression de la prosodie émotionnelle. Les lésions de l'hémisphère droit s'associent à une apathie, de l'indifférence et une absence d'anxiété (Gainotti et *al.* 1972, 2001 ; Starkstein et *al.* 1990 ; Jorge et *al.* 1993).

---

### 6.5.3. Le cortex orbito-frontal

---

La neuro-imagerie fonctionnelle du sujet sain donne à cette région un rôle important dans la régulation consciente et volontaire des diverses composantes de l'émotion. Il s'agirait, 1) d'un contrôle inhibiteur des émotions socialement inacceptables à exprimer, 2) d'une anticipation des conséquences associées à une action donnée, 3) un comportement social et moral (Gainotti, 2001, Godefroy et *al.* 1999, 2004, 2003).

---

#### 6.5.4. Lésions bilatérales de la portion ventro-médiane du lobe frontal à l'âge adulte

---

L'humeur devient labile et imprévisible et s'associe à une impulsivité, une euphorie, une désinhibition sur le plan sexuel, des comportements infantiles, un manque de jugement (difficulté à prendre de bonnes décisions) et d'empathie, non-respect des conventions sociales et morales (Grafman et al. 1996). Il existe une absence de réponses végétatives à des stimuli émotionnellement et socialement significatives. Le syndrome pseudo-psychopatique conduit à des difficultés majeures d'intégration sociales. Pour Hornak et al. (2003), l'atteinte des aires 10, 11, 12 ou 25 bilatérales conduit à : 1) déficit d'identification de l'expression vocale, 2) déficit d'identification de l'expression faciale, 3) changements significatifs dans l'état émotionnel subjectif, 3) changements significatifs dans le comportement socio émotionnel, 4) déficit d'identification de l'expression faciale (Dolan et al. 2002 ; Blair et al. 2001 a, b).

---

#### 6.5.5. Lésions frontales bilatérales durant l'enfance

---

On constate un développement pathologique du comportement moral et social qui est de type anti-social avec un degré élevé d'agression sans aucun sentiment de culpabilité ou d'empathie. Il semble que cette région participe à l'acquisition des savoirs qui guident le comportement social et moral (Wilde et al. 2005 ; Max et al. 2006 ; Levin et al. 2004).

---

## 7. DEVELOPPEMENT DE LA RECONNAISSANCE DES EMOTIONS ET ROLE

---

### 7.1. De la naissance à l'âge adulte

---

Les émotions permettent des interactions sociales de bonnes qualités tout au long de la vie ( Drag 1967 ; Lockard et *al.* 1980). Dans le cas contraire, il en résulte des troubles du comportement qui gênent les interactions sociales (Davidson et *al.* 2000 a, b, c). Les émotions faciales ont une valeur communicationnelle qui précède le langage (Malatesta et *al.* 1987 ; Trevarthen et *al.* 1985). Il s'agirait d'une compétence innée (Ekman et *al.* 1969 ; Ekman et *al.* 1994 ; Field et *al.* 1982 b ; Young-Brown et *al.* 1977 ; Darwin 1872). La reconnaissance des émotions s'installe tôt dans le développement psychique de l'enfant (Montague et *al.* 2001, 2002) et cette aptitude augmente au cours du développement psychoaffectif de l'enfant. (Gosselin et *al.* 2002 a ; 2002 b). À partir de 2 mois et demi, les bébés manifestent progressivement des expressions prototypiques de joie, de tristesse, de dégoût, d'intérêt, de surprise, de colère, de peur et différencient leurs expressions en réponse à la valeur hédonique de l'attitude maternelle (Trevarthen et *al.* 1985). Simultanément, apparaissent les capacités de discrimination perceptive de stimuli émotionnels dans la modalité visuelle et dans la modalité auditive (Reilly et Bellugi 1996). Cette compétence s'exacerbe vers le quatrième mois lorsque les nourrissons regardent plus longtemps les expressions faciales de joie comparativement à celles des autres émotions (Labarbera et *al.* 1976). Vers l'âge de trois ans l'enfant est en mesure d'identifier, l'état émotionnel d'un sujet à partir de l'expression du visage (Field et Walden 1982 a ; Stifter et Fox 1986 ; Zuckerman et Przewuzman 1979). Cette aptitude se perfectionne durant l'enfance (Camras et Allison, 1985 ; Gross et Ballif, 1991 ; Kirouac et *al.* 1985 ; Izard et *al.* 1971 ; Odom et Lemond, 1973) avec un profil différent suivant l'émotion. La joie, la colère et la tristesse sont reconnues plus tôt et mieux que la peur, la surprise et le dégoût (Camras et Allison, 1985 ; Kirouac et *al.* 1985 ; Tremblay et *al.* 1987 ; Zuckerman et Przewuzman, 1979). Cependant, certains auteurs mentionnent des confusions : la joie est confondue avec la surprise

(Green et Ekman, 1973), la peur avec la surprise (Green et Ekman, 1973), et la colère avec le dégoût (Camras et *al.* 1980) ou la tristesse (Gross et Ballif, 1991). Les difficultés d'identification des émotions chez les adolescents sont corrélées aux troubles du comportement (Sterzer et *al.* 2005).

---

## 7.2. De l'âge adulte à la vieillesse.

---

L'avancée en âge des sujets sains entraîne une modification comportementale, qui semble liée à un déclin de certaines fonctions perceptives, cognitives (Burk et *al.* 1997 ; Schneider et *al.* 2000 ; Wong et *al.* 2005) et émotionnelles (Isaacowitz et *al.* 2000). Wong et *al.* (2005) constate que les sujets âgés n'explorent plus du regard la totalité du visage mais la moitié inférieure ; ils identifient difficilement la peur et la colère sur un plan visuel alors que sur le plan auditif la reconnaissance est correcte. Cet auteur impute ces difficultés de discrimination à l'atrophie du lobe frontal qui affecte l'intégrité du « frontal eye fields ». Holmes et *al.* (2006) estime que la rapidité d'intégration du signal émotionnel dépend de la localisation de l'attention du regard lui-même sous la dépendance de la tension anxieuse du sujet. De plus, il constate que sur le plan émotionnel : 1) le contrôle émotionnel s'améliore, 2) l'expression et le ressenti des émotions négatives diminue et il s'améliore pour les émotions positives. Quelques auteurs ont tenté de comprendre l'action du vieillissement sur la reconnaissance des émotions. Malatesta et *al.* (1987) étudie la reconnaissance de la colère, de la peur et de la tristesse chez des femmes dans 3 groupes d'âges différents jeunes (25-40 ans), milieu de vie (45-60 ans) et âgées (65-80 ans). Il constate que la reconnaissance de ces 3 émotions diminue avec le vieillissement. Par contre, Moreno et *al.* (1993) constate chez des femmes et pour les mêmes tranches d'âge une légère amélioration de la reconnaissance de la joie et une diminution de la reconnaissance de la tristesse avec l'avancée en âge. Le haut niveau de reconnaissance du dégoût et de la surprise sur ces 3 tranches d'âges ne permettent pas de porter de conclusions sur l'effet du vieillissement en raison d'un effet de plafonnement. Pour Calder et *al.* (2003 a) le vieillissement entraîne une diminution de la reconnaissance de la peur et à un moindre degré de la tristesse et de la colère ; le dégoût reste insensible au vieillissement. Pour Calder et *al.* (2003 a) : 1)

les effets du vieillissement sont modestes mais significatifs, 2) la reconnaissance de la peur diminuerait de façon linéaire à partir de 40 ans. En outre, la reconnaissance des émotions semble dépendre du milieu socio-éducatif (Leppanen et al. 2001). Indépendamment de l'environnement, les émotions positives sont plus rapidement reconnues que des émotions négatives (Leppanen et Hietanen 2003). La présence d'odeurs agréables accélère la vitesse de reconnaissance de la joie en comparaison au dégoût. Inversement, la présence d'odeurs désagréables accélère la reconnaissance du dégoût qui devient plus rapide que la joie. Il existerait un effet de potentialisation. Pour ces auteurs, la reconnaissance d'une émotion faciale dépend de l'environnement physique. Les réseaux neuronaux qui participent à l'intégration des odeurs semblent être associée aux réseaux qui traitent le signal émotionnel. De plus, l'avancée en âge conduirait à une altération fonctionnelle des régions limbiques, qui traitent le signal émotionnel durant l'état d'enfant à adulte. Le relais fonctionnel serait pris par le lobe frontal gauche (Gunning-Dixon et al. 2003).

---

## **8. TROUBLES DE LA RECONNAISSANCE DES EMOTIONS ET PRINCIPALES PATHOLOGIES PSYCHIATRIQUES**

---

### **8.1. La psychose schizophrénique**

---

La schizophrénie est une maladie polymorphe provoquée par des anomalies neuro-développementales précoces (Barr et al. 2001 ; Bilder et al. 2001 ; Cornblatt et al. 2003 ; Niemi et al. 2003). Elle touche les sujets au début de l'âge adulte (Goldstein et al. 2002). La schizophrénie s'exprime par des délires, des hallucinations, des interactions sociales difficiles (Aghevli et al. 2003 ; Cadesky et al. 2000 ; Mueser et al. 1996), un déficit de l'attention (Barr et al. 2001 ; Karatekin and Asarnow 1998 a, b, 1999 ; Øie et al. 1999), et un déficit de la reconnaissance visuelle des émotions faciales (Mandal et al. 1998). Les médicaments antipsychotiques (neuroleptiques) n'expliquent pas

ce déficit (Kerr et Neale, 1993 ; Poole et *al.* 2000 ; Salem et *al.* 1996 ; Streit et *al.* 1997). Le trouble de la reconnaissance émotionnelle est souvent associé à un déficit cognitif, mais avec un faible degré de corrélation statistique (Borod et *al.* 1993 ; Bryson et *al.* 1997 ; Feinberg et *al.* 1986 ; Mandal et *al.* 1998 ; Penn et *al.* 2000). Ce trouble de la reconnaissance émotionnelle est présent (Walker et *al.* 1980) : 1) dès la première décompensation psychotique (Edwards et *al.* 2001), 2) chez les personnalités schizotypiques (Mikhailova et *al.* 1996), 3) les personnalités avec tendance aux délires (Green et *al.* 2003), 4) dans la fratrie non malade des schizophrènes (Kee et *al.* 2004 ; Loughland et *al.* 2004). Ce déficit est stable tout au long de la vie du schizophrène (Addington et Addington 1998 ; Streit et *al.* 1997 ; Wölwer et *al.* 1996). Il s'aggrave lors des décompensations psychotiques (Edwards et *al.* 2002 ; Penn et *al.* 2000). L'intensité de ce déficit est moindre lors du premier épisode psychotique (Edwards et *al.* 2001) et chez les sujets qui ont une propension au délire (Green et *al.* 2003 ; Mikhailova et *al.* 1996). Cependant, pour certains auteurs, les schizophrènes n'auraient pas de troubles de la reconnaissance des émotions (Loughland et *al.* 2002 b) ainsi que leurs enfants (Davalos et *al.* 2004 ; Loughland et *al.* 2004) et le reste de leur famille (Loughland et *al.* 2004). Par conséquent, la majorité des auteurs s'accordent à dire qu'il existe un trouble de la reconnaissance des émotions dans la psychose schizophréniques.

---

## 8.2. La dépression

---

Les troubles de l'humeur sont associés à des difficultés de reconnaissance et d'analyse des émotions faciales (Blumberg et *al.* 2005 ; Gotlib et *al.* 2005 ; Chen et *al.* 2006 ; Canli et *al.* 2005 ; Keedwell et *al.* 2005). Il est acquis que dans les troubles bipolaires de l'humeur, les réponses des corps amygdaloïdes et des cortex frontaux sont pathologiques face à des stimuli émotionnels (Blumberg et *al.* 2005). Le genou du cortex cingulaire s'active de façon anormale dans les dépressions sévères (Gotlib et *al.* 2005). Pour Karporova et *al.* (2005), il existerait une difficulté à fixer l'attention visuelle sur les émotions faciales lors des troubles de l'humeur à type de dépressions unipolaire. En RMN fonctionnelle, les patients dépressifs ont une suractivité de la région fronto-

striato-thalamique en regard d'une émotion de joie tandis que chez les maniaques il existe une suractivités du gyrus fusiforme face à une émotion de tristesse (Chen et *al.* 2006). Les réponses neuronales des dépressifs sont plus importantes lors de l'observation de la tristesse (Surguladze et *al.* 2005). Un syndrome dépressif est fréquent au décours de lésions vasculaires cérébrales : 1) de la partie antérieure du cortex préfrontal latéral gauche (Starkstein et *al.* 1987, 1989 a, b ; 1991), 2) du noyau caudé et putamen gauche (Starkstein et *al.* 1987), 3) du pôle frontal droit (Starkstein et *al.* 1989 a, b), du cortex pariétal droit (Starkstein et *al.* 1989 a, b).

---

## 8.2. Les troubles de la personnalité

---

La psychopathie est un trouble de la personnalité caractérisé par une baisse du seuil de passage à l'acte hétéro agressif et une multiplicité des conflits avec les règles institutionnelles et sociales. Ces sujets ne peuvent pas faire l'apprentissage des limites sociales en raison d'une incapacité à bénéficier d'un conditionnement par la peur (Birbaumer et *al.* 2005). Ils éprouvent des difficultés à identifier correctement les émotions faciales (Kosson et *al.* 2002 ; Herpertz et *al.* 2001), plus précisément la peur et la tristesse (Blair et *al.* 2003). Certains auteurs ont démontré que les enfants avec des tendances psychopathiques ne reconnaissent pas la peur et la tristesse (Blair et *al.* 2001 a, b ; Stevens et *al.* 2001). A l'instar de Phileas Gage, Blair et Cipolotti (2000) nous rapportent le cas d'un patient qui après des lésions du cortex orbito-frontal a mis en place une personnalité de type psychopathique. Il était devenu violent et insensible au regard des autres. Il ne reconnaissait plus la peur, la colère. Le syndrome du lobe frontal selon (Anderson et *al.* 2006) associe une impulsivité, une agressivité de la violence, une dés inhibition émotionnelle et sociale, des pulsions meurtrières sous-tendus par une diminution du métabolisme préfrontal (Raine et *al.* 1997, 1998, 2000).

## 8.4. Le syndrome anxieux

---

En dehors de toutes les émotions la peur est beaucoup mieux reconnue par les sujets qui présentent un trouble de personnalité de type anxieux (Surcinnelli et *al.* 2006 ; Richards et *al.* 2002 ; Rossignol et *al.* 2005).

## 8.5. La maladie d'Alzheimer

---

Au cours de la maladie d'Alzheimer (MA), l'existence d'un trouble de l'identification des émotions est confirmée par de multiples travaux (Shimokawa et *al.* 2003 ; Re et *al.* 2003 ; Burnham et *al.* 2004 ; Lavenu et *al.* 2005 ; Kohler et *al.* 2005 ; Bucks et Radford 2004). Les tests de reconnaissance émotionnelle seraient un indicateur de la préservation des relations interpersonnelles à la différence des tests cognitifs comme le Mini Mental State Examination (MMSE) (Folstein et Folstein 1975) (Shimokawa, *et al.* 2001). Si la présence d'un déficit d'identification des émotions est bien admise, les mécanismes restent méconnus. De nombreux travaux ont utilisé des tâches de dénomination d'images, épreuve difficile pour ces patients qui présentent un déficit de mémoire épisodique et du langage ; la reconnaissance a été étudiée en utilisant des images neutres ou exprimant une émotion. Cette technique ne permet pas d'apprécier le seuil de détection d'une émotion sur une image. La prédominance éventuelle d'un déficit de reconnaissance spécifique d'une émotion reste sujette à controverse. Pour Brosgole, **la colère** est la première atteinte (Brosgole et *al.* 1983 ; Brosgole et Weisman, 1995). Tandis que, pour Lavenu et *al.* (1999) Cadieux et Greve, (1997) il s'agirait de la **peur**. Toutefois, la plupart des travaux sont de nature expérimentale donc longue, et difficilement transposable en routine clinique. Ils associent des tests de reconnaissance visuelle, de désignation verbale, d'évaluation subjective de l'intensité émotionnelle, de détection et d'appariement.

---

## 9. OBJECTIFS DU TRAVAIL

---

La revue de la littérature permet de constater la diversité des méthodes et des paradigmes d'exploration des processus de reconnaissance visuelle des émotions faciales. L'hétérogénéité de ces tests de reconnaissance se conjugue à celle des tests cognitifs qui ne sont pas systématiques et identiques dans ces études. De plus, les échantillons de populations ne sont pas homogènes d'une étude à l'autre. Enfin, l'environnement écologique et l'état psychologique des sujets ne sont pas pris en compte. Le sexe ratio, l'âge, le niveau d'éducation et le niveau cognitif sont très rarement pris en considération. Les sujets malades sont souvent appariés au conjoint ou à l'aidant principal sans une recherche d'une pathologie associée. A notre connaissance, bien qu'il existe des outils de mesure de la reconnaissance visuelle des émotions faciales, il n'existe aucune base normative qui serve de référentiel à ces outils.

Le but de ce travail était de mettre au point une évaluation chiffrée de la reconnaissance des émotions faciales permettant d'examiner les processus décisionnels. Il s'agit d'un travail de normalisation. Autrement dit, un étalonnage de la reconnaissance visuelle des émotions faciales sur un échantillon représentatif de la population lilloise. Ce préalable, sur le sujet sain, nous semble indispensable pour toute étude sur le sujet malade. La présence de témoins sains d'un âge avancés permettra de meilleures comparaisons dans le cadre des démences ainsi que leur suivi dans le temps.

Nous avons étudié l'évolution de la reconnaissance visuelle des 6 émotions faciales, définies par EKMAN (1971, 1972, 1975) : 1) tout au long de la vie d'adulte de 20 ans à 70 ans, 2) au cours du vieillissement sans démence, 3) dans la maladie d'Alzheimer débutante et 4) dans la maladie psychotique de type schizophrénique.

**Le premier objectif** visait la mise au point d'un outil de mesure original de la reconnaissance visuelle des émotions faciales. Il devait manipuler les images intermédiaires (*morphing*). Pour cela nous avons étudiés les travaux qui utilisent ce types d'images et qui traitent :

**1)** des émotions faciales (Etcoff et Magee, 1992 ; Granato, et *al.* 1996 ; Calder et *al.* 1996 a ; 1996 b ; David 1989 ; Young, et *al.* 1997 ; De Gelder, et *al.* 1997 ; Bruyer et Granato, 1999 ; Granato et Bruyer, 2002), **2)** de l'identité du visage (Beale et Keil 1995 ; Levin et Beale 2000 ; Stevenage et *al.* 1998) et **3)** du genre sexuel du visage (Bülthoff et Newell, 2004 ; Campanella et *al.* 2001). Nous avons voulu un outil qui : **1)** évite les erreurs de retranscription des résultats, **2)** soit utilisable en routine clinique et en recherche, **3)** soit capable de mesurer les temps de réaction (cet aspect à été exclu de ce travail), **4)** soit automatique dans son exécution, **5)** où l'intervention de l'assistant soit la plus modeste afin de ne pas influencer le sujet. Ce cahier des charges a donné naissance à un logiciel informatique, utilisable sur ordinateur portable ou fixe.

**Le second objectif** visait la **normalisation** de la reconnaissance des émotions faciales d'une population de référence de 204 sujets sains de la région de Lille. Nous avons établis des normes de reconnaissance de chaque visage stimulus en fonction de chaque tranche d'âge, de chaque série émotionnelle, en fonction du sexe des observateurs.

**Le troisième objectif** s'intéressait à l'évolution des processus de reconnaissance au cours du temps sur notre population de référence. Nous avons étudiés les effets des facteurs démographiques : sexe, âge, niveau scolaire, niveau cognitif sur chacune des séries émotionnelles, chacun des visages puis sur les 3 visages. A notre connaissance il s'agit de l'une des rares études qui se fixe ces objectifs.

**Le quatrième objectif** s'orientait vers la recherche d'un trouble de la reconnaissance des émotions dans la maladie d'Alzheimer débutante. Le but était de confirmer les résultats des études antérieures avec des témoins issues de notre population de référence.

**Le cinquième objectif** s'orientait vers la recherche de la présence d'un trouble de la reconnaissance des émotions dans une population de patients avec une maladie psychotique de type schizophrénique. La confirmation des études antérieures s'imposait mais avec un appariement issues de notre population de référence.

Ces 2 derniers objectifs devaient vérifier la capacité de l'outil à repérer l'existence d'un trouble de la reconnaissance des émotions dans des pathologies fortement suspectées de présenter ce trouble.

**Enfin**, l'ensemble des résultats a fait l'objet d'une analyse mathématique pour tenter d'identifier certaines caractéristiques liées à l'âge, au sexe et à l'identité du visage. Le but était d'identifier des caractéristiques spécifiques au sexe, à l'âge, au type du visage stimulus et à la série émotionnelle. Ce travail est inséré dans les annexes.

Le principe du teste repose sur la création d'images intermédiaires à partir de 2 images canoniques. Il en résulte des images émotionnelles chimériques qui sont ambiguës et difficiles dans leur identification. La tâche représente un appariement manuel entre l'image intermédiaire et l'une des 2 images canonique qui lui a donné naissance.

Nous avons étudié, **1)** une population de référence de 204 individus, **2)** une population de 12 déments avec une maladie d'Alzheimer débutante (patients MAD), **3)** et une population de 20 schizophrènes. Chacune de ces 3 études a fait l'objet d'un article (*Cf. infra*).

---

## **10. La reconnaissance des émotions faciales au cours de la vie.**

---

Philippe Granato, Olivier GODEFROY, Jean-Pierre VAN GANSBERGHE<sup>†</sup>, Raymond BRUYER. (Soumis, juillet 2006).

---

### **10.1. RÉSUMÉ**

---

MARIE (Méthode d'Analyse et de Reconnaissance de l'Intégration des Émotions) est un outil de mesure informatique des processus de reconnaissance émotionnelle. Nous avons mis en

place des valeurs normatives pour la reconnaissance de la colère, du dégoût, de la joie, de la peur, de la surprise et de la tristesse sur 3 visages et sur un échantillon de 204 témoins de 20 à 70 ans du nord de la France avec des fonctions cognitives optimum.

Nous concluons que : **1)** la reconnaissance des émotions reste stable tout au long de la vie, malgré quelques variations, **2)** la joie est la mieux reconnue de toutes les émotions, suivie du dégoût et de la peur, **3)** la colère est une émotion difficilement reconnue, **4)** la reconnaissance du dégoût et de la peur sont totalement insensible au vieillissement, **5)** les erreurs de reconnaissance dépendraient de la durée de la scolarisation.

**Mots clefs** : Reconnaissance/ Émotions / MARIE/ vieillissement / sujets sains/

---

## 10.2. INTRODUCTION

---

L'expression et la reconnaissance des émotions faciales précèdent le langage et s'installent tôt dans le développement psychique de l'enfant (Montague et al. 2001, 2002). Il s'agirait d'une compétence innée (Ekman et al. 1969, 1982 ; 1994 ; Field 1982 a, b ; Young-Brown 1977 ; Darwin 1872 ; Delachaux et Niestlé 1998). Les émotions permettent des interactions sociales de bonnes qualités tout au long de la vie (Bruyer, 1987 ; Drag, 1967 ; Lockard 1980). Dans le cas contraire, il existerait des troubles du comportement qui gênerait les interactions sociales (Davidson et al. 2000 a, b). Le plus souvent, l'avancée en âge des sujets sains entraîne une modification comportementale d'allure déficitaire, qui semble associée au déclin de certaines fonctions perceptives, cognitives (Burk et al. 1997 ; Schneider, 2000) et émotionnelles (Isaacowitz et al. 2000). Durant le vieillissement on constate que : **1)** le contrôle émotionnel s'améliore, **2)** l'expression et le ressenti des émotions négatives diminue tandis qu'il s'améliore pour les émotions positives. Quelques auteurs ont tenté de comprendre l'action du vieillissement sur la reconnaissance des émotions. Malatesta et al. (1987) étudie la reconnaissance de la colère, de la peur et de la tristesse chez des femmes classées en 3 groupes d'âges différents : jeunes (25-40 ans), milieu de vie (45-60 ans) et âgées (65-80 ans). Il constate que la reconnaissance de ces 3

émotions diminue avec le vieillissement. Moreno et al. (1993) constate chez des femmes et pour les mêmes tranches d'âges une légère amélioration de la reconnaissance de la joie et une diminution de la reconnaissance de la tristesse avec le vieillissement. La reconnaissance du dégoût et de la surprise est très élevée sur ces 3 groupes d'âges. Pour Calder (2003 a, b) le vieillissement entraîne une diminution de la reconnaissance de la peur et, à un moindre degré, de la tristesse et de la colère. Le dégoût reste insensible au vieillissement. Pour ces auteurs : **1)** les effets du vieillissement étaient modestes mais significatifs, **2)** la reconnaissance de la peur diminuerait de façon linéaire à partir de 40 ans.

Durant le vieillissement sans démence, l'ensemble des aires cérébrales voit leur volume se réduire. Le lobe frontale est le plus atteint (Raz, 2000 ; Burk et al. 1997 ; Schneider, 2000). Philips et al. (2002 b) précise que la partie ventro-médiane du lobe frontal gère la reconnaissance des émotions et son dysfonctionnement ne s'exprimerait qu'à partir de 70 ans. Tandis que la région préfrontal gèrerait les fonctions cognitives et son dysfonctionnement n'apparaîtrait qu'à partir de 30 ans. L'atteinte de certaines régions cérébrales altérerait la reconnaissance de certaines émotions plus que d'autres (Calder et al. 2000 a ; 2000 b ; 2003 a, b). Les lésions bilatérales des amygdales perturbent la reconnaissance de la peur et, à un moindre degré, la colère (Adolphs et al. 1994 ; Calder et al. 1996 ; Scott et al. 1997 ; Sprengelmeyer et al. 1999). La maladie de Huntington provoque des lésions des régions striatales et des noyaux de la base qui nuisent à la reconnaissance du dégoût (Gray et al. 1997, Sprengelmeyer et al. 1996). Les imageries fonctionnelles confirment l'implication des amygdales dans la reconnaissance faciale de la peur (Breiter et al. 1996 ; Morris et al. 1996 ; Whalen et al. 1998) et de l'insula ainsi que des ganglions de la base dans la reconnaissance du dégoût (Phillips et al. 1998, Phillips et al. 1997, Sprengelmeyer et al. 1999). Le dégoût et la peur auraient des substrats neuronaux différents (pour une revue récente Calder et al. 2001 a, b).

Les travaux sur la reconnaissance émotionnelle montre une hétérogénéité : **1)** des populations (sexe, âge, niveau, niveau d'étude, du niveau cognitif), **2)** des émotions canoniques

utilisées (nombre, type), **3**) des outils de mesure, **4**) du cadre expérimental (Broks et al. 1998 ; Calder et al. 2000, Keane et al. 2002 ; Sprengelmeyer et al. 1996 ; Sprengelmeyer et al. 1997). Nous proposons d'étudier l'évolution de la reconnaissance visuelle de chaque émotion faciale, suivant Ekman, tout au long de la vie et au cours du vieillissement sans démence. Pour cela, nous apporterons des modifications à des méthodologies déjà utilisées pour l'étude : **1**) des émotions faciales (Campanella et al. 2002 ; Etcoff et Magee, 1992 ; Granato, et al. 1996 ; Calder et al., 1996 ; De Gelder, et al., 1997 ; Young, et al., 1997 ; Bruyer et Granato, 1999 ; Granato et Bruyer 2002), **2**) de l'identité du visage (Beale et Keil, 1995 ; Levin et Beale, 2000 ; Stevenage, 1998) et **3**) du genre du visage (Bülthoff et Newell, 2004 ; Campanella, et al. 2001 ; 2003). Le but de ce travail est : **1**) de mettre au point un outil de mesure de la reconnaissance visuelle des émotions faciales. ; sa fonction consiste à examiner les processus décisionnels impliqués dans la reconnaissance émotionnelle, **2**) d'étudier les effets des facteurs démographiques : sexe, âge, niveau scolaire, **3**) de déterminer l'existence d'un trouble de la reconnaissance émotionnelle au cours du vieillissement par l'identification éventuelle d'un seuil, **4**) d'étudier les conséquences éventuelles du déclin neurologique et des lésions hippocampe / amygdale secondaire au vieillissement sans démence.

---

## 10.3. MÉTHODE

---

Nous présentons à 204 sujets sains, âgés de 20 ans à 70 ans, des images intermédiaires générées par une procédure de morphing ; soit 9 séries émotionnelles provenant d'une « femme blonde », d'une « femme brune » et d'un « homme ».

---

### 10.3.1. Les sujets

---

Ce travail s'est déroulé, dans le « Centre d'Investigation Clinique » du Centre Hospitalier Régional et Universitaire de Lille. Nous avons sélectionné 204 sujets qui remplissaient nos critères d'inclusion (cf. *infra*). Les sujets étaient volontaires et ont signé un consentement éclairé. L'indemnisation de chacun s'élevait à 75 euros. Il s'agissait d'une étude monocentrique, sans

bénéfices individuels directs pour les sujets. Nous avons obtenu l'accord : **1)** de la Commission Nationale Informatique et Liberté, **2)** et du Comité Consultatif de Protection des Personnes dans la Recherche Biomédicale. Il est apparu qu'un effectif de 30 sujets par tranches d'âge était nécessaire pour les analyses multivariées qui évaluaient les effets du sexe, de l'âge et du niveau scolaire.

Les sujets ayant participé à cette évaluation étaient des habitants de l'agglomération lilloise (Nord de la France). Tous étaient caucasiens et droitiers (selon les 10 items du Edinburgh Handedness Inventory, Oldfield, 1971). Le français était leur langue maternelle. Ils bénéficiaient d'une consultation médicale pour connaître leur traitement médicamenteux, rechercher des maladies neurologiques, diabétiques, hypertensives et psychiatriques. Cela au travers : **1)** d'un entretien structuré, Mini International Neuropsychiatric Interview (MINI) (Sheehan et al. 1998), **2)** d'une échelle d'anxiété de Hamilton (HAMA) (Hamilton 1959 ; Hamilton 1969 ; Pichot et al. 1981), **3)** et d'une échelle de dépression de Hamilton (HDRS) (Hamilton 1960 ; Hamilton 1967 ; Marcos et Salamero, 1990 ; O'Brien et Glaudin, 1988 ; Williams 1988). Les sujets de plus de 50 ans ont bénéficié d'une évaluation cognitive. Ils étaient inclus après avoir été soumis à une évaluation de l'efficacité intellectuelle générale grâce au : **1)** Mini Mental State Examination (MMSE) (Folstein et Folstein 1975), **2)** à la Mattis Dementia Rating Scale (Lucas et al. 1998 ; Mattis, 1976 ; Schmidt et al. 1994), **3)** et de la mémoire épisodique : échelle de GROBER et BUSCHKE (Buschke, 1984 ; Grober et al. 1985 ; Grober et al. 1988 ; Grober et Kawas, 1997). Nous avons exclu : **1)** 58 sujets pour dépendance alcoolique, **2)** 49 sujets, en raison d'un score inférieur à 30 au MMSE (Folstein et Folstein 1975), **3)** 68 sujets pour score inférieur à 144 à la Mattis Dementia Rating Scale, **4)** 36 sujets pour score supérieur à 15 à l'échelle de HAMA, **5)** 41 pour score supérieur à 10 à la HDRS.

L'échantillon final était constitué de 204 sujets, répartis en 7 tranches d'âges avec 50% de femmes dans chaque tranche, (hors périodes de menstruations pour les femmes en âge de procréer) : 20-30, 31-40, 41-50, 51-55, 56-60, 61-65, 66-70 ans. Chaque tranche d'âge avait un effectif de 30 sujets sauf la dernière qui avait un effectif de 24 sujets, en raison de la rigueur des

critères d'inclusion et d'exclusion. Les caractéristiques des sujets inclus dans l'étude sont décrites dans la table 1. Pour chacun, nous avons recueilli le sexe, l'âge, le niveau scolaire. La mesure de l'acuité visuelle était réalisée avec le test de Monoyer à 3 mètres. L'acuité visuelle appareillée ou non devait être égale à 10/10. Les sujets ne prenaient pas de psychotropes et autre thérapeutiques depuis au moins 6 mois.

Tranche	n =	Sexe (H/F)	Age	Niveau d'étude	HDRS	HAMA	MMSE	Mattis	Grobe et
<b>20-30 ans</b>	30	15/15	23.2±3.13	30/0/0	8±1,1	10±1,1	30		
<b>31-40 ans</b>	30	15/15	35.3±2.42	5/0/25	8±1	9±1,3	30		
<b>41-50 ans</b>	30	15/15	44.8±2.53	7/0/23	7±0,9	10±1,2	30		
<b>51-55 ans</b>	30	15/15	53.2±1.29	10/1/19	9±1	11±0,8	30	144	16 /16/16/16/16
<b>56-60 ans</b>	30	15/15	57.9±1.44	8/1/21	8±0,8	10±1	30	144	16 /16/16/16/16
<b>61-65 ans</b>	30	15/15	63.2±1.37	12/1/17	8±1,1	9±1,1	30	144	16 /16/16/16/16
<b>66-70 ans</b>	24	14/10	67.9±1.59	7/3/14	9±1	9±0,8	30	144	16 /16/16/16/16
<b>Total</b>	<b>204</b>	<b>104/100</b>		<b>49/6/149</b>					

**Table N°1** : caractéristiques des sujets, n : nombre, H/F : sexe ratio, âge (moyennes et écart-types) et niveaux de scolarité : (1) 12 années d'étude, (2) 15 années d'étude, (3) 17 années d'études et plus. HDRS (moyennes et écart-types). HAMA (moyennes et écart-types). Mattis (moyennes et écart-types). Grober et Buschke : Rappel immédiat / rappel total 1 / rappel total 2 / rappel total 3 / rappel total différé (moyennes et écart-types).

Il existait une différence significative des 3 niveaux de scolarité pour les 7 tranches d'âges (Chi 2 (12) =28,4 ; p=0,005). Il n'existait pas de différences significatives pour le reste des paramètres.

---

## 10.4. MATÉRIEL

---

### 10.4.1. Construction des stimuli

---

La batterie de tests a été construit à partir d'un logiciel développé pour cette étude (Méthode d'analyse et de Recherche de l'Intégration des Emotions : M.A.R.I.E.). Il a été élaboré avec ICONAUTHOR ® version. 5 (Granato et al. 1996 ; Bruyer et Granato, 1999 ; Granato et

Bruyer, 2002). Il s'inspire du principe des images intermédiaire (*morphing*) déjà employé (Calder et al. 1996 a, b ; De Gelder 1997 ; Young 1997). Le test examine la réaction du sujet face à une photographie en noir et blanc, d'un visage qui exprime une émotion dite « **canonique** » ou « **intermédiaire** ». Le concept "d'émotions canoniques" date de 1975 (Ekman et Friesen, 1975). Nous avons pris en compte les 7 émotions individualisées par ces auteurs : la colère, le dégoût, la joie, la neutralité, la peur, la surprise, et la tristesse qui sont exprimés par le visage d'une « **femme blonde** » de type caucasien, d'une « **femme brune** » de type afro-américain et d'un « **homme** » de type caucasien. L'utilisation de 3 visages différents permettrait d'augmenter le nombre de mesures et d'en accroître la fiabilité. Mais aussi, de lutter contre des caractéristiques propres à chaque visage en dehors des émotions qu'il exprime et connu sous le vocable « **d'idiosyncrasie** ». Nous avons créé 9 séries émotionnelles : colère-peur, colère-tristesse, joie-tristesse, neutre-colère, neutre-dégoût, neutre-joie, neutre-peur, neutre-surprise, neutre-tristesse. Ces photographies proviennent de « *Pictures of facial Affect* » (Ekman et Friesen, 1975 ; 1976, avec l'autorisation de Paul Ekman) (Cf. annexe 1).

## ANNEXE 1

L'obtention d'une « **émotion intermédiaire** » nécessite : **1)** une image canonique « A » et « B » numérisées, avec un logiciel d'informatique de morphing d'usage courant, **2)** un repérage de 280 points homologues sur les deux photographies (Cf. annexe 2). Ces points sont spécifiques de repères anatomiques : yeux, nez, bouche, etc. Le logiciel calcule les vecteurs matriciels de ces points. La variation de l'ensemble des vecteurs se fait dans des proportions identiques. Il en résulte la création d'images intermédiaires.

## ANNEXE 2

Nous avons créé 17 images intermédiaires qui dépendaient du degré de saturation en pixels provenant des deux émotions canoniques. Une émotion intermédiaire ne représente ni complètement une émotion canonique "A" ni complètement une émotion canonique "B". Elle est

une chimère ; un « mélange » maîtrisé et inversement proportionnel des pixels constitutifs des 2 images canoniques « A » et « B » cela suivant la gradation imposée pour l'émotion « B » : 0%, 10%, 20%, 30%, 35%, 38%, 41%, 44%, 47%, 50%, 53%, 56%, 59%, 62%, 65%, 70%, 80%, 90% et 100%, (Cf. Fig. N° 3). La somme des pixels de l'émotion « A » et de l'émotion « B » devant toujours être égale à 100 pour chacune des images intermédiaires.

### ANNEXE 3

Nous avons déterminé 9 séries émotionnelles (**SE**) : colère-peur, colère-tristesse, joie-tristesse, neutre-colère, neutre-dégoût, neutre-joie, neutre-peur, neutre-surprise, neutre-tristesse. Chaque série comprenait 17 images intermédiaires et 2 images canoniques soit 19 images. Le logiciel M.A.R.I.E. gère les 19 images intermédiaires de chacune des 9 séries émotionnelles et pour chacun des 3 visages stimulus.

---

#### 10.4.2. Procédure

---

Les sujets étaient confortablement assis dans une pièce calme, toujours la même, face à l'écran d'un ordinateur portable (15 inch, Compaq, résolution 1280 X 1024, qualité couleur optimale 32 bits, fréquence de rafraîchissement 75 hertz) et informés de la tâche à réaliser. Chacune des images (10 cm X 18 cm) est montrée individuellement à chaque sujet sur l'écran de l'ordinateur portable avec un fond d'écran blanc, situé à 50 centimètres des yeux avec un angle de 11°.

Le « **stimulus** » était présenté au centre de la moitié supérieure de l'écran. Sur la moitié inférieure : **1**) à gauche du stimulus le nom de l'émotion canonique "A" était affiché dans une étiquette sous l'image canonique « A » (avec un angle de 5°), **2**) à droite du stimulus, le nom de l'émotion canonique « B » était affiché dans une étiquette sous l'image canonique « B » (avec un angle de 5°). Dans le cas de l'homme, seules les étiquettes étaient affichées et non pas les photographies canoniques. Pour chaque série, les images intermédiaires étaient montrées dans un

ordre pseudo aléatoire. L'ordre de présentation des 9 séries émotionnelles X 19 images X 3 visages = 513 était le même pour chaque sujet. Les images canoniques de chaque série étaient affichées en avant-dernière et dernière position, en guise de contrôle de la reconnaissance des expressions. Les réponses et leur latence étaient enregistrées. Les latences feront l'objet d'un travail ultérieur.

La tâche était un choix forcé binaire. Le sujet devait déprimer le bouton gauche ou droit de la souris informatique avec l'index ou le majeur (figure N° 4). Le stimulus restait affiché jusqu'à la réponse du sujet. Aucune contrainte de temps n'était imposée. L'ordre d'apparition des séries émotionnelles (SE) était le suivant : colère - peur, colère - tristesse, joie - tristesse, neutralité - colère, neutralité - dégoût, neutralité - joie, neutralité - peur, neutralité - surprise, neutralité - tristesse. Les 3 premières combinaisons sont dites « **bipolaires** » et les 6 dernières « **unipolaires** » en raison de la présence de la neutralité dans le premier terme. Une pause de trente secondes était accordée après chaque série émotionnelle qui durait en moyenne une minute.

---

#### ANNEXE 4

---

Le sujet déprimait le bouton gauche ou droit de la souris selon qu'il associait le stimulus à l'émotion canonique « A » ou à l'émotion canonique « B » pour le visage de la femme blonde et de la femme brune. Et pour l'homme à l'étiquette de gauche ou de droite. Les 9 « **mesures** » suivantes ont été retenues. Les mesures N° 1, 2, 8 et 9 correspondent aux réponses des stimuli N° 1 ; 2 ; 18 et 19. Les mesures N° 3 ; 4 ; 5 ; 6 et 7 correspondent à la moyenne des réponses obtenues aux stimuli N° 3, 4, 5 ; N°6, 7, 8 ; N°9, 10, 11 ; N°12, 13, 14 et N°15, 16, 17 avec une saturation moyenne en émotion « B » de 28,3 % ; 41% ; 50% ; 59% ; 71,7%.

Tous les sujets devaient réussir au préalable une tâche contrôle. Elle utilisait la même tâche d'appariement à choix forcé mais portait sur une série d'images géométriques, ne nécessitant pas de traitement des informations émotionnelles puisqu'il s'agissait d'un carré et d'un cercle ainsi que d'images intermédiaires.

---

## 10.5. EVALUATIONS STATISTIQUES

---

Les analyses des données furent effectuées par une ANOVA avec pour facteur inter sujets la tranche d'âge (n=7) et pour facteurs intra sujets le visage (n=3), la série émotionnelle (n=9) et la mesure (n=9). Les analyses a posteriori ont été effectuées par le test de Bonferroni (facteur inter sujets) et par des contrastes (pour les mesures répétées). Pour les analyses multivariées la statistique du test lambda de Wilks a été calculée. Le risque alpha a été fixé à 5 %. Nous avons utilisé le logiciel SPSS v. 11 (SYSTAT Software Inc. «SPSS.com»). La comparaison des variables qualitatives a été faite par le test du Khi-2. La variable dépendante est le taux de réponses « B ».

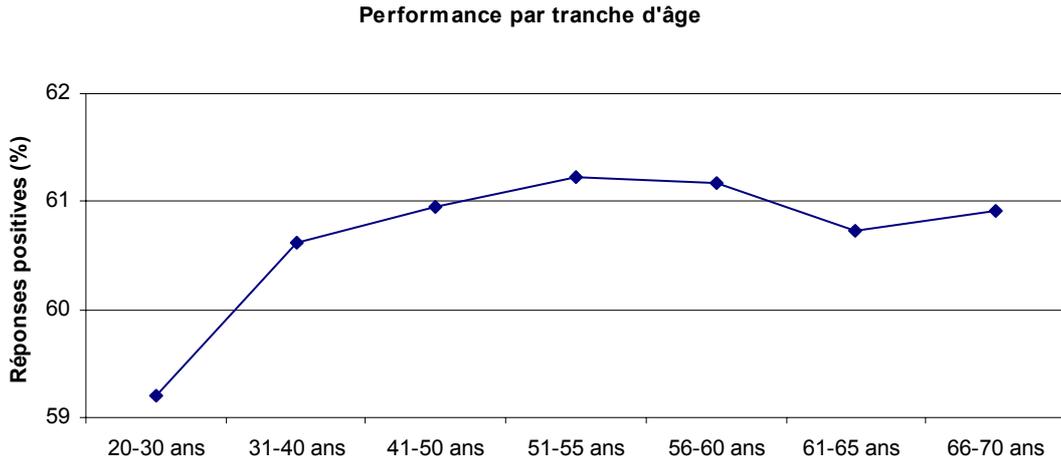
Nous avons analysé les performances (pourcentage de réponse « B » pour chaque image) en reconnaissance des émotions faciales par une analyse multivariée. Nous avons effectué une analyse de covariance avec le niveau scolaire comme covariable, la tranche d'âge comme facteur inter sujet (n= 7) et les facteurs intra sujets suivants : **1**) le visage (n= 3), **2**) la série émotionnelle (n= 9), **3**) la mesure (n= 9) et **4**) le sexe des sujets (n= 2). Le test multivarié lambda de Wilks fut utilisé et les analyses subséquentes furent effectuées par le test de Bonferroni avec un seuil de significativité à 0,001 et non 0.05 par soucis de précision.

---

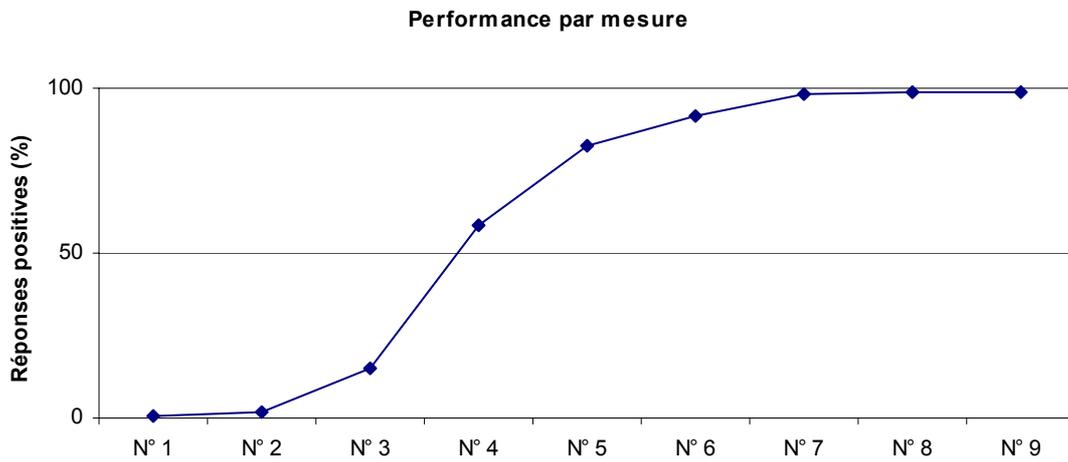
## 10.6. RÉSULTATS

---

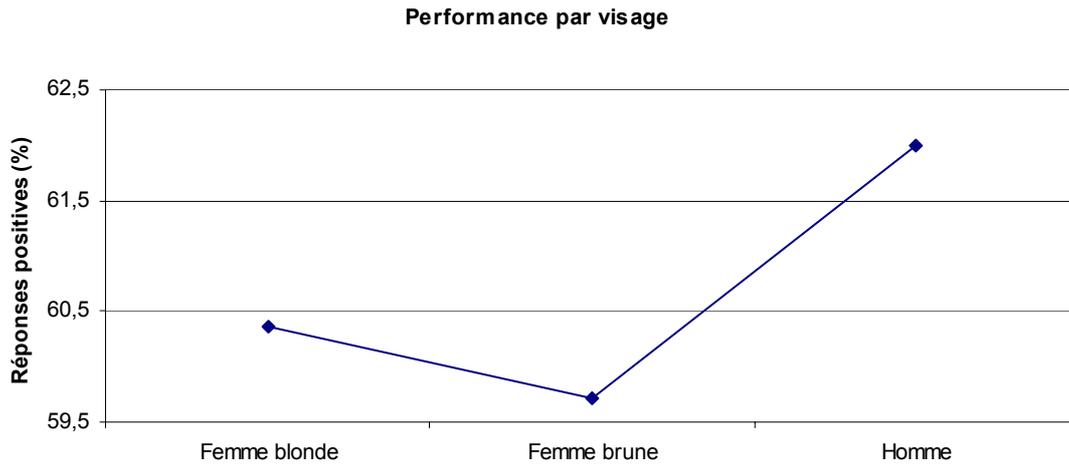
Les performances ne différaient pas selon la tranche d'âge ( $F(6,19669)=1,35$  ;  $p=0,2$ ) (Cf. fig. 1) ni selon la scolarité ( $F(1, 1587)= 0,6$  ;  $p=0,4$ ). L'effet de la mesure était significatif ( $F(8,189)=3896$  ;  $p=0,0001$ ) (Cf. fig. 2) de même que celui de visage ( $F(2,195)= 10$ ;  $p=0,0001$ ) (Cf. fig. 3) et celui de la série ( $F(8,189)= 28$ ;  $p=0,0001$ ) (Cf. fig. 4).



**Figure N°1.** Variation des performances de reconnaissance (%) en fonction de la tranche d'âge.

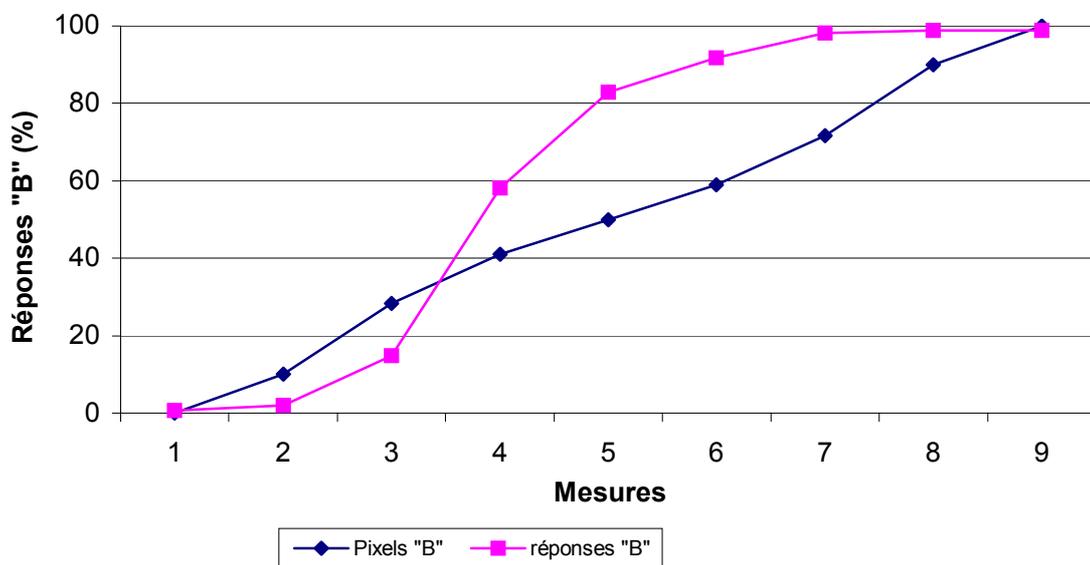


**Figure N°2.** Variation de la reconnaissance émotionnelle (%) en fonction de la mesure.



**Figure N°3.** Variation de la reconnaissance émotionnelle (%) en fonction du visage.

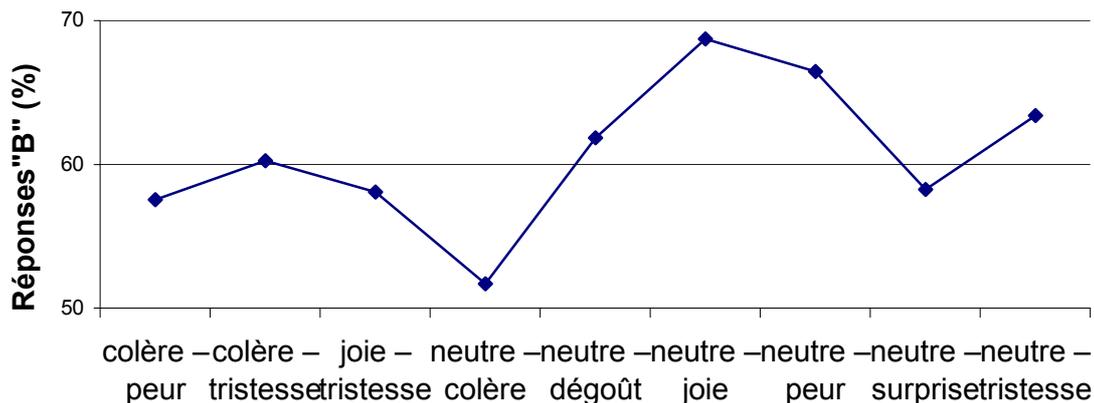
L'effet de la mesure était lié à l'augmentation du nombre de réponses « B » avec l'augmentation de la saturation émotionnelle en « B » dans le stimulus. La variation de ces deux variables n'était pas proportionnelle. Le graphe des réponses (Cf. fig. 4) évoquait une courbe d'allure sigmoïde. Le nombre maximum de réponses était approché dès la mesure N° 7.



**Figure N°4 :** Taux de reconnaissance de l'émotion « B » en fonction du degré de saturation en émotions. Performances des réponses aux conditions saturées en émotion pour les mesures : N°1 = 0% ; N°2 = 10 ; N°3 = 28,3 % ; N°4 = 41% ; N°5 = 50% ; N°6 = 59% ; N°7 = 71,7% ; N°8 = 90% et N°10 = 100%.

L'effet du visage était lié à un taux de réponses qui était significativement supérieur pour l'homme (62%) par comparaison à la femme blonde : 60,3% et à la femme brune : 59,7%. Ces différences pouvaient s'expliquer par : **1)** la qualité de la photographie, **2)** l'identité du visage, **3)** la qualité de l'émotion exprimée, **4)** une ou des variables non identifiées. La femme brune était étudiée après la femme blonde et par effet d'apprentissage son score aurait dû être supérieur. L'homme arrivait en 3<sup>ième</sup> position avec une amélioration du pourcentage de réponses sans qu'il n'y ait d'images canoniques dans la moitié inférieure de l'écran.

L'effet de la série était lié à un taux de réponses : **1)** significativement inférieur pour la série neutre-colère (51,67%) par rapport aux autres séries, **2)** significativement inférieur pour les séries colère-peur, joie-tristesse, neutre-surprise (respectivement 57,52%, 58,09%, 58,26%) par rapport aux séries restantes, **3)** significativement inférieur pour les séries colère-tristesse, neutre-dégoût, (respectivement 60,25%, 61,83%) par rapport aux séries restantes, **4)** significativement inférieur pour la série neutre-tristesse (63,41%) par rapport aux séries restantes, **5)** significativement inférieur pour la série neutre-peur (66,45%) par rapport à la série restante (série neutre-joie : 68,71%). Ce constat montrerait la supériorité de la reconnaissance de certaines séries émotionnelles. Les performances des séries bipolaires étaient assez proches. L'aspect bipolaire de ces combinaisons pourrait expliquer ce constat (Cf. fig. 6). La colère est l'émotion canonique la plus difficilement reconnue des séries unipolaires. La joie est l'émotion la mieux reconnue suivi de la peur de la tristesse et du dégoût.



**Figure N°6** : Taux de réponses «B» pour chaque séries émotionnelles.

**Les interactions suivantes étaient significatives :**

**I).** visage\*série ( $F(16, 181) = 11$  ;  $p = 0,0001$ ) liée à un taux de reconnaissance pour la femme blonde moindre aux séries colère-tristesse et joie-tristesse plus importants pour les séries neutre-colère et neutre-dégoût et pour la femme brune moindre pour la série neutre-surprise, plus élevé pour les séries colère-tristesse, joie-tristesse, neutre-tristesse (Cf. fig. 7). Le nombre de réponses dépend du visage et de l'émotion qu'il exprime. Cette différence pouvait s'expliquer par **1)** une meilleure expressivité émotionnelle de certain visage pour certaines émotions, **2)** une meilleure sensibilité de la population pour certains visages et pour certaines émotions. Les performances pour les séries bipolaires sont dispersées sauf pour colère-peur. La surprise est très mal reconnue sur la femme brune (47,9 % contre 61,6 % pour la femme blonde et 65,2% pour l'homme).

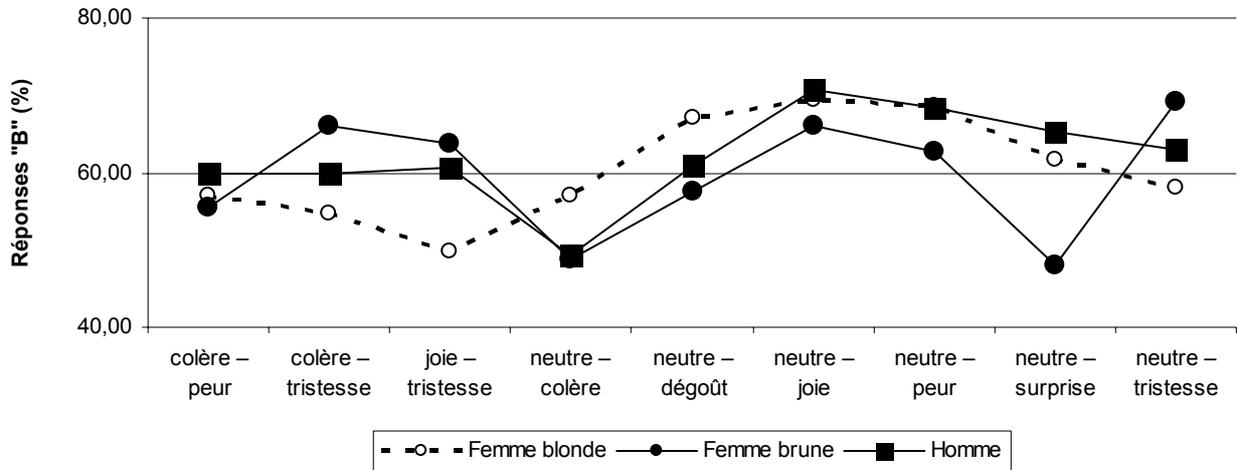


Figure N°7 : taux de réponses « B » pour chaque visage et pour chaque série émotionnelle.

II). mesure\*série (F (64, 133)= 4,4 ; p=0,0001) liée à : **1**) un taux de reconnaissance plus important pour les SE neutre-joie et neutre-peur que le reste des SE, **2**) et un taux de réponses beaucoup moins important pour la SE neutre-colère que pour le reste des SE. La dispersion des performances était faible pour les mesures N°1, 2, 7, 8, 9 et importante pour les mesures N° 3, 4, 5, 6 (Cf. fig. N°8).

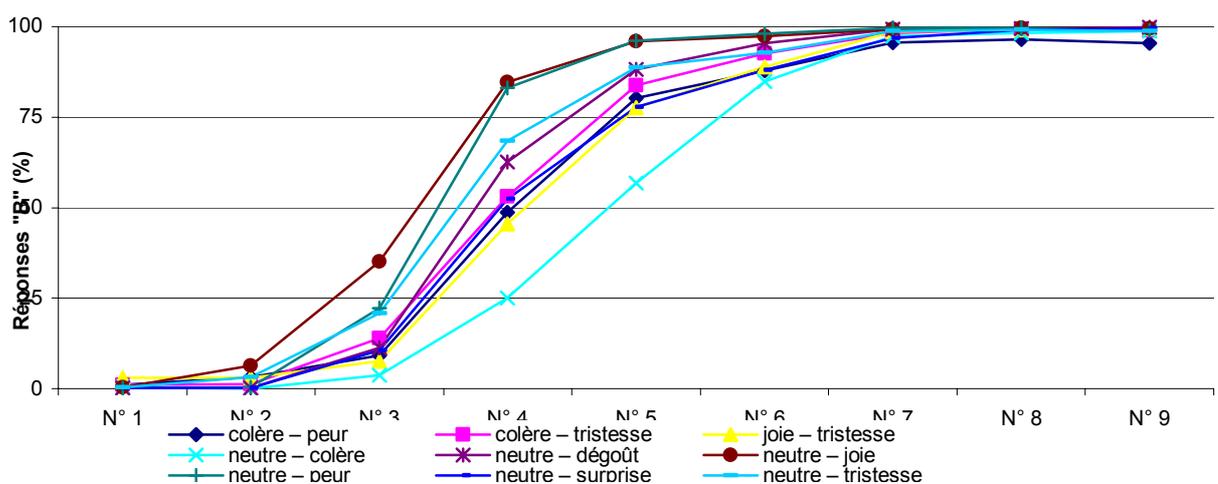


Figure N°8 : taux de réponses « B » pour chaque série émotionnelle et pour chaque mesure.

**III).** mesure\*visage\*série (F (128, 69)= 3 ; p=0,0001) liée à un taux de réponses modestes pour les mesures des séries : **1)** joie-tristesse chez la femme blonde, **2)** neutre-colère et neutre-surprise chez la femme brune, **3)** neutre-colère chez l'homme. Cette interaction était aussi liée à un taux de réponses important pour les mesures des séries : **1)** neutre-dégoût, neutre-joie, neutre-peur chez la femme blonde, **2)** neutre-tristesse, colère-tristesse, neutre-joie chez la femme brune, **3)** neutre-joie et neutre peur chez l'homme. Les séries neutre-joie et neutre-peur sont les mieux reconnues chez la femme blonde et l'homme alors que les séries neutre-tristesse et colère-tristesse sont les mieux reconnues chez la femme brune. Les performances sont proches pour les mesures latérales : 1, 2, 3, 7, 8, 9 et différentes pour les mesures centrales : 4, 5, 6. La reconnaissance émotionnelle dépendrait de l'intensité de l'émotion du type d'émotion et du visage qui l'exprime.

**IV).** Tranches d'âge\*visage\*série (F (96, 1032)= 2 ; p=0,0001) liée principalement à une dispersion importante des taux de réponses en fonction de l'âge : **1)** pour la femme blonde : colère-tristesse, joie-tristesse, neutre-joie, neutre-surprise, **2)** pour la femme brune : colère-tristesse, neutre-joie, neutre-surprise, **3)** pour l'homme : joie-tristesse, neutre-colère, neutre-joie, neutre-surprise, neutre-tristesse. Certaines émotions ne sont pas reconnues de façon identique au cours de la vie et dépendent aussi du visage qui les exprime. Par contre, le taux de réponses est très proche pour : **1)** la femme blonde : neutre-dégoût, neutre-peur, neutre-tristesse, **2)** de la femme brune : neutre-colère, neutre-dégoût, neutre-peur, neutre-tristesse, **3)** de l'homme : neutre-dégoût, neutre-peur. Les séries neutre-dégoût et neutre-peur possèdent : 1) des seuils de reconnaissance indépendants des tranches d'âges, 2) la plus faible dispersion des taux de reconnaissance par tranches d'âge. La série neutre-joie est moins bien reconnue par la tranche d'âge 20-30 et mieux par la tranche d'âge 51-55. La joie serait moins bien perçue par les sujets jeunes (Cf. figure 9 a, 9 b, 9 c). La dispersion des réponses pour la série neutre-joie est importante. La reconnaissance de cette émotion dépendrait de l'âge de l'observateur et du type de visage.

Réponses "B" pour la femme blonde par série émotionnelle et par tranche d'âge.

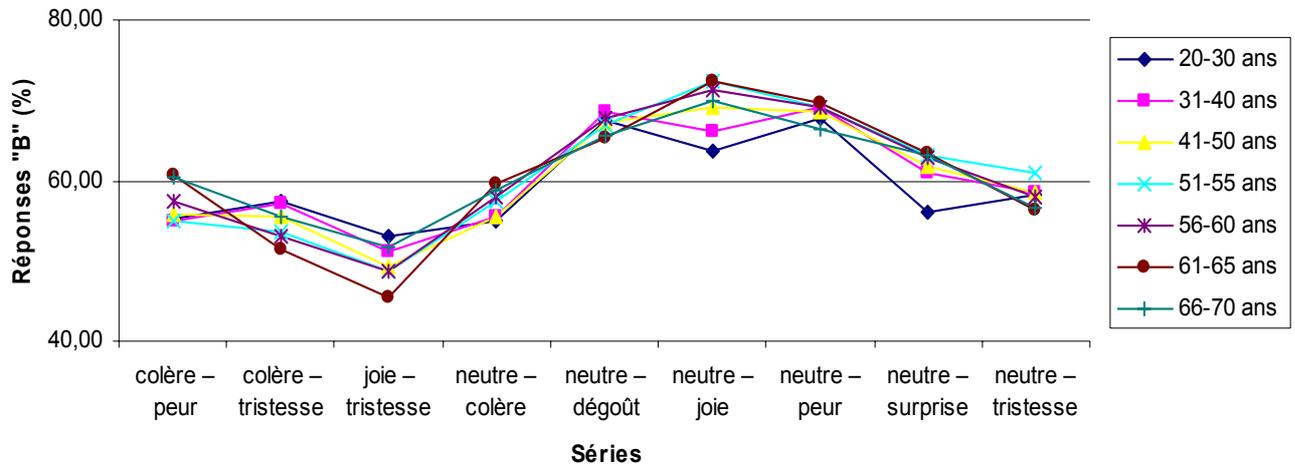


Figure N°9 a : taux de réponses «B» de la femme blonde par tranche d'âge et par série émotionnelle

Réponses positives pour la femme brune par série émotionnelle et par tranche d'âge.

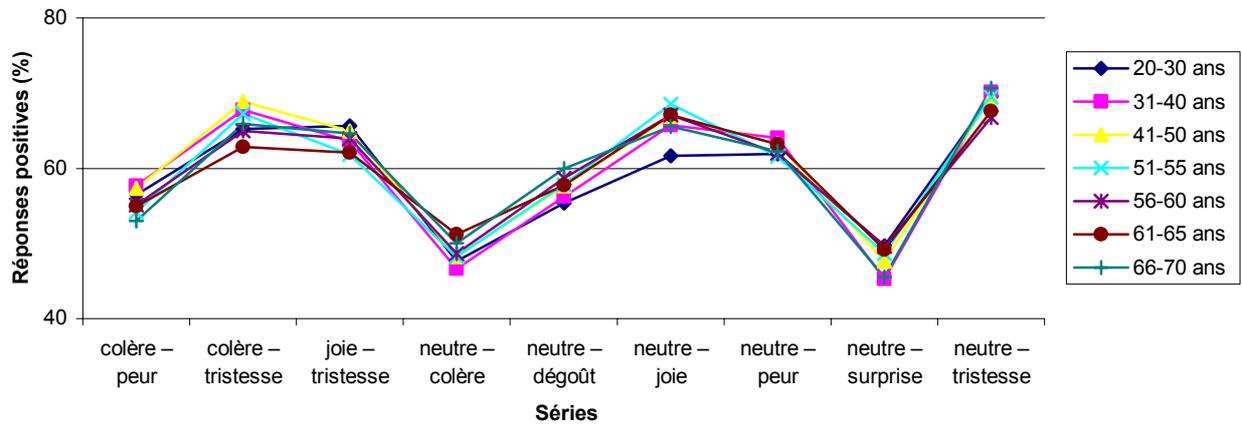
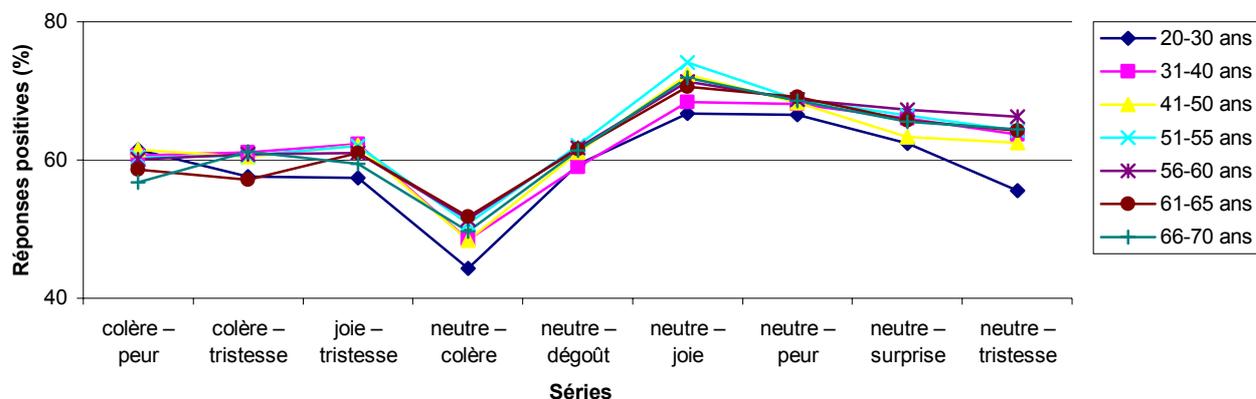


Figure N°9 b : taux de réponses «B» pour la femme brune par tranche d'âge et par mesure et par série émotionnelle

Réponses "B" pour l'homme par série émotionnelle et par tranche d'âge.



**Figure N°9 c :** taux de réponses «B» pour l'homme par tranche d'âge et par mesure et par série émotionnelle.

**Interactions entre le genre des sujets et le genre des visages stimuli**

Nous avons étudié les interactions suivantes : **1)** Sexe ( $F(1, 550) = 0.222$  ;  $p = 0,638$ ) : les hommes et les femmes reconnaissent les émotions avec le même taux de reconnaissance. **2)** sexe\*tranche d'âge ( $F(6, 5.8) = 0.573$  ;  $p = 0,79$ ) : hommes et femmes reconnaissent les émotions de la même façon tout au long de leur vie. **3)** Visage\*sexe ( $F(2, 188) = 1.8$  ;  $p = 0.169$ ) : homme et femme reconnaissent de la même façon les émotions sur les visages masculin ou féminin. **4)** Visage\*sexe\*tranche d'âge ( $F(12, 378) = 1.97$  ;  $p = 0,025$ ) : la reconnaissance des émotions sur un visage masculin ou féminin par un observateur homme ou femme est différente et dépendrait de leur âge. **5)** Série\*sexe ( $F(8, 182) = 0.64$  ;  $p = 0,742$ ) : une émotion donnée est reconnue de la même façon par un homme et une femme. **6)** Série\*sexe\*tranche d'âge ( $F(48, 900) = 0.875$  ;  $p = 0,713$ ) : une émotion donnée est reconnue de la même façon par un homme et une femme, indépendamment de l'âge. **7)** Mesure\*sexe ( $F(8, 182) = 1.96$  ;  $p = 0,217$ ) : les hommes et les femmes reconnaissent une intensité émotionnelle de la même façon. **8)** Visage\*série\*niveau scolaire ( $F(16, 174) = 0.361$  ;  $p = 0,989$ ) : la reconnaissance d'une émotion donnée sur un visage est indépendante du niveau scolaire de l'observateur. **9)** Visage\*série\*sexe ( $F(16, 174) = 1.516$  ;  $p = 0,098$ ) : la reconnaissance d'une émotion donnée sur un visage est indépendante du sexe de

l'observateur. **10)** Visage\*série\*sexe\*tranche d'âge (F (96, 1074)= 1.415 ; p=0,007) : la reconnaissance d'une émotion donnée sur un visage est indépendante du sexe de l'observateur et de son âge.

**Les interactions suivantes n'étaient pas significatives :**

Au seuil 0.001 : **1)** Tranches d'âges\*visage (F (12, 394)= 2.7 ; p=0,002) ; **2)** Tranches d'âge\*série (F (48, 939)= 1.858; p=0,0014) ; **3)** Tranches d'âge\*mesure (F (48, 939)= 1.165; p=0,216) ; **4)** Tranches d'âge\*visage\*mesure (F (96, 1038)= 1.23 ; p=0,079) ; **5)** Tranches d'âge\*série\*mesure (F (384, 834)= 1.18 ; p=0,028) ; **6)** Tranches d'âge\*visage\*série\*mesure (F (768, 429)= 1.04 ; p=0,212) ; **7)** visage\*mesure (F (16, 182)= 14.56 ; p=0,0016).

---

### 10.6.1. Étude de la reproductibilité

---

Afin de vérifier la fiabilité de notre procédure dans laquelle chaque sujet ne répond qu'une seule fois à chaque stimulus, nous avons réalisé un contrôle test – retest sur un échantillon de 13 sujets sains (6 femmes et 7 hommes) âgés entre 29 et 41 ans ( $35 \pm 5$  ans) qui ont effectué 5 fois le test avec un intervalle de 5 minutes. Les critères d'inclusion et d'exclusion étaient identiques à ceux de l'échantillon principal. Le critère individuel de stabilité des réponses au cours des répétitions était évalué au minimum à 4 réponses identiques sur 5 (soit, au moins, une concordance de 80%). La concordance moyenne était de 93,1% (Femme blonde = 93%, Brune = 92,5%, homme = 93,9%). Le critère de 80% de concordance fut dépassé dans 481 / 513 cas (il fut de 100% dans 108 cas). Les 32 restants furent testés contre la valeur de 80%, au moyen d'un test t unilatéral de Student : aucun n'était significativement inférieur à cette valeur. Il apparaissait donc qu'une passation unique était fiable et suffisante. Le taux de réponses non concordantes n'étaient pas significativement influencé par le sexe (F (1, 2.6)= 1.53 ; p=0,218), l'âge (F (6, 1,8)=1 ; p=0,405) et le niveau scolaire (F (1, 2.8)=1.64 ; p=0,2).

---

## 10.6.2. Réponses discordantes ou erreurs de reconnaissance

---

Dans le but d'élaborer des normes utilisables en clinique pour l'évaluation en pathologie, nous avons déterminé des données normatives pour les 204 sujets. Un score seuil (correspondant à 95% de réponses concordantes) a pu être déterminé pour presque toutes les images saturées par 0%, 10%, 90%, 100% d'émotion « B » et pour les 9 SE, soit un total de 104 images : 35 pour la femme blonde, 36 pour la femme brune, 33 pour l'homme. Une « **réponse discordante** » ou « erreur de reconnaissance » était définie comme une réponse différente de la majorité des réponses que les 204 sujets ont exprimées pour chacune des 104 images : 0 pour 84 sujets ; 1 pour 62 sujets ; 2 pour 37 sujets ; 3 pour 11 sujets ; 4 pour 6 sujets ; 5 ou plus pour 4 sujets.

Il était constaté que : **1)** il n'y avait pas d'effet significatif de l'âge sur le taux de réponses discordantes ( $F(6, 2)=1.346$  ;  $p<0,241$ ), 4 réponses discordantes ou moins :  $48,8 \pm 14,8$  ans ; plus de 4 réponses discordantes :  $48,5 \pm 15$  ans ; **2)** il n'y avait pas d'effet significatif du sexe sur le nombre de réponses discordantes ( $F(1, 0.004)=0,002$  ;  $p<0,960$ ) ; **3)** le taux de réponses discordantes différait significativement en fonction du niveau scolaire ( $F(5,4)=2.55$  ;  $p=0,03$ ) (rappelons que le taux de reconnaissance émotionnel était indépendant du niveau scolaire) ce qui était lié à un taux de réponses discordantes supérieur chez les sujets avec un faible niveau scolaire (réponses discordantes inférieures à 4 : 75% des niveau scolaire Baccalauréat et plus, et seulement 45% des niveaux scolaires primaires). Toutefois, un seuil supérieur à 4 réponses discordantes permettait de classer correctement les sujets des 3 niveaux scolaires (correctement classés : niveau 1 : 96% ; niveau 2 : 83,3% ; niveau 3 : 99,3%). Pour les sujets d'un niveau scolaire Baccalauréat et plus, le seuil de plus de 3 réponses discordantes permettait de classer correctement 96,4% des sujets. Dans le but de **1)** préserver la spécificité des résultats obtenus dans une population très sélectionnée, **2)** et avec un taux élevé de concordance des réponses nous avons adopté le score seuil global de plus de 5 réponses discordantes pour 104 images pour l'ensemble de la population quel que soit son âge et son niveau scolaire. Ce seuil passait à plus de

2 pour les 35 images de la femme blonde, à plus de 3 pour les 36 images de la femme brune et à plus de 2 pour les 33 images de l'homme.

Les autres interactions n'étaient pas significatives ou montraient une tendance témoignant de différences marginales : sexe\*tranche d'âge ( $F(6, 5.7) = 0.614$  ;  $p=0,719$ ), sexe\*scolarité ( $F(4, 13.4) = 2.14$  ;  $p=0,079$ ), scolarité\*tranche d'âge ( $F(25, 47) = 1.2$  ;  $p=0,251$ ), sexe\*tranche d'âge\*scolarité ( $F(14, 18.3) = 0.838$  ;  $p=0,627$ ).

---

## 10.7. DISCUSSION

---

### 10.7.1. La population

---

L'objectif de 30 sujets pour la dernière tranche d'âge ne fut pas atteint en raison de la difficulté à inclure des sujets âgés de plus de 65 ans avec : **1)** un MMSE à 30, **2)** une Mattis à 144, **3)** un test de Grober et Buschke optimum, et **4)** qui ne prenaient pas de psychotropes et autres molécules. La sévérité des critères d'inclusions nous a conduit à sélectionner un échantillon dit « *hyper normal* ». En revanche cet échantillon était homogène sur le plan cognitif. La maîtrise du facteur cognitif permettait de mieux apprécier les interactions des facteurs sexe, tranche d'âge, visage, série et mesure sur la reconnaissance émotionnelle. Malgré des fonctions cognitives élevées et homogènes, 1.2% des sujets ne reconnaissent pas l'émotion canonique « B » toutes émotions confondues. Dans l'hypothèse d'une corrélation entre cognitions et reconnaissance émotionnelle il est possible que ce pourcentage augmente dans une population normale avec un niveau cognitif hétérogène. De plus, des travaux comparatifs sur la reconnaissance des émotions avec des populations qui ont des niveaux cognitifs différents seraient utiles dans la compréhension des troubles du comportement et de l'agressivité dans ce type de populations.

---

### 10.7.2. Les visages

---

Le taux de reconnaissance des émotions est différent selon les visages. Les performances de la population pour les 3 visages montrent un avantage pour l'homme sur les deux femmes,

sans différence entre les deux femmes ; en outre, cet effet du visage est à nuancer car il se retrouve dans plusieurs interactions significatives : visage\*série, visage\*série\*mesure et visage\*série\*âge. L'effet d'apprentissage est à pondérer. Rappelons l'ordre de passation : femme blonde, femme brune avec les émotions canoniques puis homme sans émotions canoniques. Pour ce dernier, le but était de mettre le sujet dans des conditions plus écologiques. Une bonne compréhension de cette 3<sup>ème</sup> étape (de l'homme) supposait des étapes antérieures plus faciles à comprendre. Nous avons constaté que : **1)** les scores de la femme brune sont inférieurs à la femme blonde, **2)** les performances de l'homme étaient les meilleures des trois. L'absence d'effet d'apprentissage entre la femme blonde et la femme brune pourrait s'expliquer par un ou plusieurs paramètres : **1)** la qualité des photographies (le contraste, la balance des blancs, etc.), **2)** l'origine afro-américaine, **3)** l'identité du visage, **4)** l'empathie, etc. L'effet d'apprentissage pourrait expliquer les performances de l'homme malgré des conditions expérimentales plus sévères. Cependant, l'intervention des facteurs antérieurs dont le sexe n'est pas à exclure.

La reconnaissance émotionnelle sur un visage ne dépendrait pas uniquement de l'émotion exprimée par ce visage. Il est vrai que cette hypothèse souffre du faible nombre de visages stimuli dans ce travail. Néanmoins, l'origine ethnique des visages stimuli et de la population étudiée serait à prendre en considération dans ce type de recherche. Les systèmes de reconnaissances des émotions pourraient dépendre de beaucoup plus de paramètres que celui de l'identité du visage et de l'émotion considérée. Cette hypothèse expliquerait l'aspect paradoxal des performances par visage. Des visages de différentes ethnies (caucasiens, asiatiques, africain, aborigènes etc.) devraient être testés dans des populations d'ethnies différentes ; dans le but de tester cette hypothèse. La qualité technique des photographies canoniques et intermédiaires devrait être consensuelles entre les auteurs pour de meilleures comparaisons.

---

### 10.7.3. Le vieillissement

---

Notre étude met en évidence l'absence de modification de la reconnaissance des émotions (toutes émotions confondues) avec l'avancée en âge. Ce travail conforte le travail de Phillips et al (2002 a, b), mais s'oppose à Pasupathi (1999). La position de Calder et al. (2003 a, b) est intermédiaire. Pour cet auteur le vieillissement conduit à une diminution forte de la reconnaissance de la peur et à un moindre degré de la colère. Cependant, l'étude de la colère, de la surprise, de la tristesse et plus encore de la joie permet de constater que leur reconnaissance est différente au cours de la vie et qu'elles dépendent du visage qui les exprime. La peur et le dégoût sont totalement insensibles au vieillissement, tandis que pour les autres SE il existe des variations non significatives en fonction du vieillissement.

---

#### 10.7.4. Les séries émotionnelles

---

La mesure de chaque émotion montrait des différences significatives ( $p < 0,0001$ ) tous visages confondus bien qu'il existe des interactions série\*visage, série\*visage\*mesure, et série\*visage\*âge. Les émotions « colère » (51,67) et « surprise » (58,26) étaient les moins bien reconnues des séries unipolaires. La joie (68,70) la mieux reconnue précédant la peur (66,47) et le dégoût (61,83). L'observation des moyennes des performances de reconnaissances émotionnelles mettait en évidence une gradation. Ces résultats orientent vers : **1)** la possibilité d'un traitement différentiel voir spécifique des émotions, **2)** la reconnaissance de la colère et de la surprise seraient médiocres, **3)** un traitement neuronal spécifique de la joie, du dégoût et de la peur. L'idée d'un substratum organique pour ces émotions pourrait aider à comprendre ces résultats. Dans ce cas il s'agirait d'un « *système autonome* » avec un répertoire d'émotions innées et sans interaction avec les autres systèmes cérébraux ni influences environnementales. L'idée de l'universalité des émotions qu'a défendue Ekman (1971) et Darwin (1872), serait exacte pour certaines émotions canoniques. Une étude sur des groupes sociétaux différents et a fortiori primitifs (sans influence de nos cultures et civilisations) serait plus riche d'information avec MARIE en raison de l'aspect chiffré. Néanmoins, nos résultats iraient plus dans le sens de l'existence d'un substratum pour la peur, le dégoût et plus encore pour la joie avec un effet du vieillissement pour cette dernière.

La reconnaissance d'une émotion donnée serait multifactorielle : **1)** l'âge de l'observateur, **2)** l'identification de l'émotion donnée, **3)** l'identification de l'intensité de l'émotion, **4)** l'identification de l'identité du visage qui l'exprime, **4)** l'état affectif de l'observateur, **5)** le contexte environnemental de la situation (Ekman et O'Sullivan 1988), **6)** l'aspect statique ou dynamique. Le contexte expérimental de notre expérience n'est pas écologique. Il constitue un biais qui minore ou majore les performances pour chacune des émotions. Cependant, ce biais est constant. Il en est de même pour les qualités techniques des photographies des visages. Cependant, M.A.R.I.E. a été administrée dans les mêmes conditions aux 204 sujets dont les scores aux HAMA et HDRS étaient constant.

Les séries émotionnelles bipolaires avaient des pourcentages de reconnaissances émotionnelles assez proches. Il s'agit de séries artificielles. Des mesures sur un plus grand nombre de séries bipolaires seraient utiles. Cela permettrait de solliciter individuellement : **1)** des systèmes distincts de reconnaissances spécifiques à chacune des émotions canoniques, **2)** ou un système unique de reconnaissances émotionnelles. La difficulté de reconnaissance de ces séries bipolaires devrait solliciter plus intensément le substratum organique de ces systèmes de reconnaissances dont l'activité pourrait plus facilement transparaître en imagerie fonctionnelle.

---

### 10.7.6. Genre sexuel du témoin et du visage stimulus

---

Le niveau scolaire des témoins homme ou femme n'a aucune incidence sur le taux de reconnaissance d'une émotion sur un visage donné. Les taux de reconnaissance des émotions ou d'une émotion sur un visage masculin ou féminin sont identiques entre les hommes et les femmes tout au long de leur vie lorsqu'on ne tient pas compte de l'identité du visage stimulus. Par contre, la reconnaissance des émotions sur un visage donné dépendrait de l'âge de l'observateur. Tandis que, la reconnaissance d'une émotion donnée sur un visage donnée est la même pour un témoin homme ou femme et quelque soit son âge. Par conséquent, la mesure de la reconnaissance émotionnelle ne dépendrait pas uniquement de l'émotion affichée mais de l'identité du visage

stimulus et de l'âge de l'observateur. Cela explique les différences importantes entre visages observés (Cf. fig. N° 7).

---

### 10.7.6. L'intérêt des mesures

---

Les taux de reconnaissance de l'émotion « B » sur chacune des 9 mesures d'une série émotionnelle était différent et offrait un pourcentage de réponses «B» spécifiques de la série émotionnelle et du visage. Il n'existait pas de relation linéaire entre la saturation en pixels « B » et le taux de réponses « B ». Ce dernier était associé à un taux de reconnaissance spécifique de chaque émotion située plus particulièrement sur la mesure N° 4. La variation de ce taux de la mesure N°4 évoquait la possibilité de l'existence d'un seuil de réactivité (en pixels « B ») pour chacun des systèmes de reconnaissance ou du système de reconnaissance. L'aspect de courbe sigmoïde du graphe des mesures pourrait confortait l'aspect catégoriel de la reconnaissance des émotions.

---

### 10.7.7. Analyses et résultats des réponses discordantes ou erreurs de reconnaissance.

---

Rappelons que la reconnaissance émotionnelle est un poucentage qui intéresse la totalité des 19 images de la SE pour un échantillon de sujets. Par contre, le nombre d'erreur n'intéresse qu'une seule image et un seul sujet. Un nombre de d'erreur de reconnaissance, sur les 3 visages, inférieur ou égal à 5 sur 104 images impliquerait l'absence d'un trouble de la reconnaissance. Ce seuil passerait à 2 pour les 35 images de la femme blonde, à 3 pour les 36 images de la femme brune et à 2 pour les 33 images de l'homme. L'absence de liens statistiques entre le nombre d'erreur de reconnaissance et le sexe des sujets, la scolarité et l'âge des sujets n'obligent pas à des ajustements de notre test en fonction des caractéristiques démographique du sujet.

## 10.8. Conclusion

---

Notre logiciel de mesure de la reconnaissance visuelle des émotions faciales : MARIE, semble pertinent et informatif. Sur le plan d'une population il mesure le taux de reconnaissance et sur le plan individuel il mesure les erreurs de reconnaissance. Sa transposition sur un document papier est possible sans qu'il soit nécessaire d'utiliser toute la batterie mais uniquement les séries émotionnelles les plus pertinentes (visage, série-émotionnelle). L'intérêt de ce travail réside dans la mise en place de valeurs de normalisation qui serviront de référentielles pour des travaux ultérieurs sur des populations ou des sujets sains ou malades.

Les résultats de cette étude vont dans le sens des travaux actuels. Il confirme que la joie est l'émotion la mieux perçue. Il nous apprend que : **1)** la colère est l'émotion la plus difficilement reconnue, **2)** le vieillissement n'altère pas, de façon spécifique, la reconnaissance d'une émotion mais l'ensemble des émotions. Ce constat s'oppose à la plupart des publications. Il constate l'existence d'une interaction entre le genre sexuel du témoin, son âge et le genre sexuel du visage stimulus. La reconnaissance d'une émotion dépend beaucoup du visage qui l'exprime.

Ce travail permet de conclure que la reconnaissance d'une émotion dépend de nombreux paramètres : le type d'émotion, l'identité du visage qui l'exprime, l'âge de l'observateur et d'autres paramètres que nous n'avons pas identifiés. Notre mesure de la reconnaissance des émotions ne serait en réalité que la mesure d'un amalgame de ces paramètres. Aussi, notre projet de mesure de la reconnaissance des émotions est une méprise. Peut-être faudrait-il définir ou préciser que ce que nous croyons être l'émotion de façon intrinsèque n'est qu'une intrication de processus neuropsychologiques et neurobiologiques qui tiennent compte d'un ensemble de paramètres identifiés et non identifiés.

La quantification des erreurs de reconnaissance permet une étude sur le plan individuel. Ce travail a permis de déterminer un seuil d'erreurs de reconnaissance pour chacun des 3 visages. Au-

delà de ces seuils la question sera posée de l'existence d'un trouble de la reconnaissance des émotions. Cette mesure est possible dès à présent.

En outre, un des apports de ce travail est l'aspect invariant de la peur et du dégoût dont la mesure reste strictement identique quelque soit l'âge, le sexe de l'observateur et l'identité du visage. Ces deux mesures pourraient constituer 2 repères utiles dans les études ultérieures.

A posteriori, Les résultats statistiques auraient pu être encore plus informatifs si seules les séries émotionnelles unipolaires avaient été prises en compte.

Après avoir montré l'intérêt et la pertinence de cet outil de mesure de la reconnaissance visuelle des émotions faciales qu'est le logiciel MARIE, il nous semble utile de le comparer à d'autres outils de mesure. Il s'agirait de dénombrer les inconvénients et les qualités de MARIE.

---

## **11. La reconnaissance visuelle des émotions faciales canoniques dans la maladie d'Alzheimer débutante.**

---

Philippe Granato, Olivier GODEFROY, Jean-Pierre VAN GANSBERGHE<sup>†</sup>, Raymond BRUYER.

*(Soumis, juillet 2006)*

---

### **11.1. RESUME**

---

Nous avons étudiés la reconnaissance visuelle des émotions faciales, sur 12 patients avec une maladie d'Alzheimer à la phase de début : MMSE 26 ( $\pm 2,4$ ) / 30 et DRS Mattis à 130 ( $\pm 10$ )/144. Ils ont été appariés en âge, sexe, niveau éducatif. Nous avons utilisé la batterie MARIE qui utilise un appariement binaire dans un continuum d'images intermédiaires. Nous constatons l'existence d'un seuil dans la reconnaissance visuelle des émotions canoniques (neutre-émotion).

La reconnaissance de la joie est la plus diminuée suivie de la peur. La surprise et surtout le dégoût sont les moins déficitaires. La reconnaissance des séries bipolaires (émotion-émotion) est extrêmement difficile.

**Mots clefs** : Emotions / MARIE/ vieillissement / Alzheimer/

---

## 11.2. INTRODUCTION

---

Au cours de la maladie d'Alzheimer (MA), l'existence d'un trouble de l'identification des émotions est confirmé par de multiples travaux (Shimokawa et al. 2003 ; Re, 2003 ; Burnham et al. 2004 ; Lavenu et al. 2005 ; Kohler et al. 2005 ; Bucks et Radford 2004). Les tests de reconnaissance émotionnelle seraient un indicateur de la préservation des relations interpersonnelles à la différence du MMSE (Shimokawa, *et al.* 2001). Si la présence d'un déficit d'identification des émotions est bien admise, les mécanismes, le type d'émotion, et l'intensité du déficit restent méconnus. De nombreux travaux ont utilisé : 1) des tâches de dénomination d'images, épreuves difficiles pour ces patients présentant un déficit de mémoire épisodique et du langage ; 2) des tâches de reconnaissance ont été étudiées en utilisant des images neutres ou saturées en émotions, ce qui ne permet pas d'apprécier le seuil de détection d'une émotion peu exprimée sur une image. La prédominance éventuelle d'un déficit de reconnaissance spécifique d'un type donné d'émotion reste sujette à controverse. Pour Brossole, la colère est la première atteinte (Brossole et al. 1983 ; Brossole et Weisman, 1995). Tandis que, pour Lavenu et al. (2005) et Cadieux et Greve (1997) il s'agirait de la peur. Toutefois la plupart des travaux sont de natures expérimentales, donc longs, et difficilement transposables en routine clinique. Ils associent des tests de reconnaissance visuelle, de désignation verbale, d'évaluation subjective de l'intensité émotionnelle, de détection et d'appariement. L'observation des méthodologies utilisées montre une **hétérogénéité** : 1) **des émotions** étudiés, 2) **des outils** de mesure de la reconnaissance émotionnelle, (Broks et al. 1998 ; Calder et al. 1996; 2000, Keane et al. 2002, Sprengelmeyer et al. 1996, Sprengelmeyer et

al. 1997, Lavenu et al. 1999 et pour une revue voir Kohler et al. 2004). Lavenu (1996) est l'une des rares auteurs à avoir testé la totalité des émotions canoniques suivant Ekman.

Dans le but de contourner ces difficultés et de confirmer les résultats actuels, nous proposons d'étudier la reconnaissance visuelle des émotions faciales au travers d'une simple tâche de décision binaire à type d'appariement sans passer par la médiation de la voix. La totalité des émotions canonique sera testée auprès d'une population appariée avec des fonctions cognitives optimum. Le principe consiste à saturer graduellement les images en émotions afin de déterminer un seuil d'identification.

---

## 11.3. METHODE

---

La méthode est la même que dans l'étude précédente. Cependant, seules les 9 séries émotionnelles provenant du visage d'une femme blonde seront présentées. Nous avons tenu compte de la fatiguabilité des patients avec une maladie d'Alzheimer débutante (patients MAD).

---

### 11.3.1. Les sujets

---

Douze patients MAD volontaires (DSMIV) , suivis à la Consultation de la Mémoire du Centre Hospitalier de Valenciennes et 12 témoins, francophones du Nord de la France, ont été appariés. L'appariement concernait, l'âge, le sexe, le niveau scolaire et la latéralité (droitiers). L'acuité visuelle appariée ou non était de 10/10. Aucun antécédent neurologique ou psychiatrique ni de prise de neuroleptiques n'était présent depuis 6 mois. Aucun trouble du comportement n'était identifié depuis le début de la maladie. Les patients devaient répondre aux critères du NINCDS-ADRDA (Mc Kahn et *al.* 1984). La présence de signes évoquant une maladie à corps de Lewy (Mc Keith et *al.* 2004), d'atrophie frontolobaire (Mesulam 2001, Snowden 1993) ou de dégénérescence cortico-basale (Caselli 1992) excluait le patient.

	<b>Témoins</b>	<b>MA</b>	<b>p</b>
<b>n =</b>	12	12	
<b>sexe (H/F)*</b>	7 / 5	7 / 5	1
<b>Age</b>	66,33 (6,27)	68,67 ( $\pm$ 2,70)	0,3
<b>Niveau de scolarité (1/2/3) *</b>	7 / 4 / 1	10 / 1 / 1	0,3
<b>MMSE (/30)</b>	30	26 ( $\pm$ 2,4)	0,0001
<b>DR Mattis (/144)</b>	144	130 ( $\pm$ 10)	0,0001
<b>Picture Naming (/80)</b>	80	33 ( $\pm$ 4)	0,0001
<b>Grober et Buschke :</b>			
Rappel immédiat	16	13 ( $\pm$ 4)	0,014
3° rappel libre	16	7 ( $\pm$ 5)	0,0001
3° rappel total	16	11 ( $\pm$ 6)	0,0013
rappel différé total	16	11 ( $\pm$ 6)	0,0013

**Table N°1** : caractéristiques des sujets. Exprimés moyenne (écart-types) ou nombre\* Niveaux de scolarité : (1) 12 années d'étude, (2) 15 années d'étude, (3) 17 années d'études et plus.

Les performances au Mini Mental State Examination (MMSE) (Folstein et Folstein 1975), à la Mattis Dementia Rating Scale (Lucas et al, 1998 ; Mattis, 1976), et à l'échelle de GROBER et BUSCHKE (Buschke, 1984) évaluant la mémoire épisodique verbale différaient significativement entre MA et témoin.

---

## 11.4. MATERIEL

---

### 11.4.1. Construction des stimuli

---

La construction des stimuli est identique à l'étude précédente.

---

### 11.4.2. Procédure

---

La procédure est en tout point identique à l'étude précédente. Néanmoins, la femme blonde étaient le seul visage stimulus administré en raison de la fatiguabilité des patients MA.

---

### 11.4.3. Evaluations statistiques

---

Nous avons utilisé le logiciel SPSS v. 11 (SYSTAT Software Inc. « SPSS.com »). Les analyses des données furent effectuées par une ANOVA avec pour facteur inter sujets le statut (MA ou sujets sains) et l'âge, la série, la mesure comme facteurs intra sujet. La comparaison des variables qualitatives avait été faite par le test du Khi-2. Le test multivarié lambda de Wilks fut utilisé, le seuil de significativité fut fixé à 0,05. Dans toutes ces analyses, la variable dépendante était le nombre de choix de la réponse B.

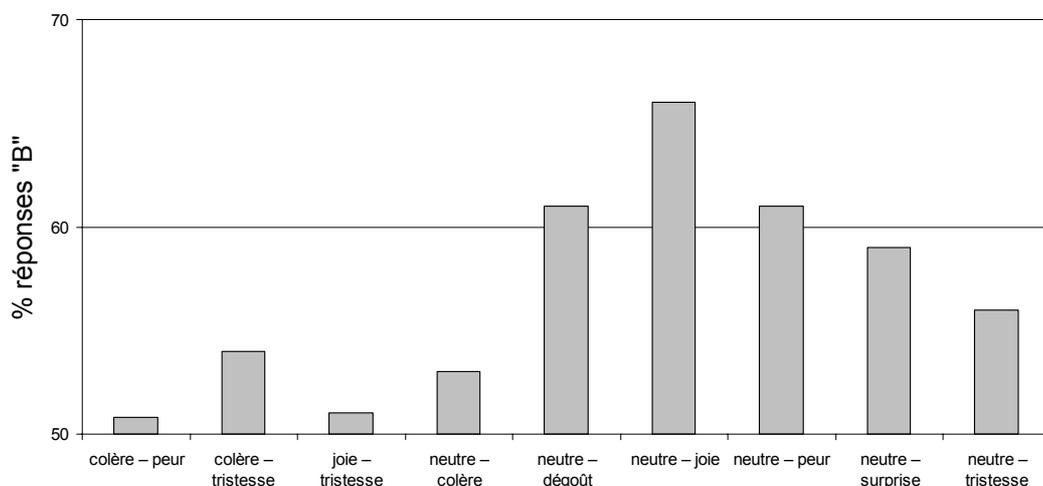
---

## 11.5. RESULTATS

---

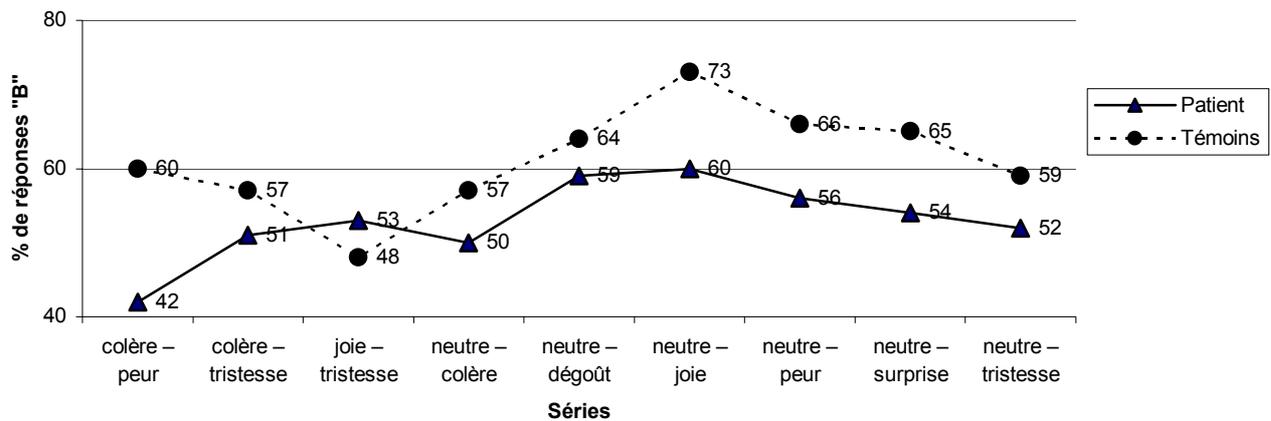
La reconnaissance des émotions différait selon : **1) le statut** ( $F(1,10) = 376$  ;  $p = 0,004$ ), ce qui était lié à une reconnaissance inférieure chez les patients (MA :  $53\% \pm 1.7$  ; Témoins :  $61\% \pm 1.7$ ), et **2) la série** ( $F(8,15) = 5.36$  ;  $p = 0.003$ ) (Cf. fig. A), la joie, le dégoût et la peur étaient nettement mieux reconnus que la colère la surprise, la tristesse et encore mieux que les séries bipolaires.

Reconnaissance de B par série émotionnelle



**Figure A.** Reconnaissance de l'émotion B pour chaque série émotionnelle indépendamment du statut.

L'interaction **séries\*statut** ( $F(8,15)=1,4$  ;  $p=0,276$ ) n'était pas significative malgré des différences numériques importantes entre les séries émotionnelles. La prise en compte exclusive des SE unipolaires aurait peut être amélioré le niveau de significativité. Aussi, avons-nous examiné le différentiel numérique des mesures de chaque série émotionnelles. La joie, la peur, la surprise, la tristesse étant moins bien reconnu dans la MA (Cf. fig. B).



**Figure B.** Reconnaissance de l'émotion « B » par statut et pour chaque série émotionnelle.

Les interactions **séries\*mesure** ( $p=0.1$ ), **série\*mesure\*statut** ( $p=0.08$ ) n'étaient pas significatives. L'interaction **mesure\*statut** ( $F(8,15)=2.35$  ;  $p=0,07$ ) montrait une tendance significative. Les mesures 8 et 9 étaient directement associées aux images N° 18 et N° 19. Cette dernière était l'émotion canonique « B » à l'origine de la SE (Cf. fig. C). L'inspection visuelle montre que dès la mesure N° 4 les témoins identifiaient les émotions mieux que les patients MAD. Ce résultat suggérait une élévation du seuil d'identification émotionnel dans la maladie d'Alzheimer débutante.

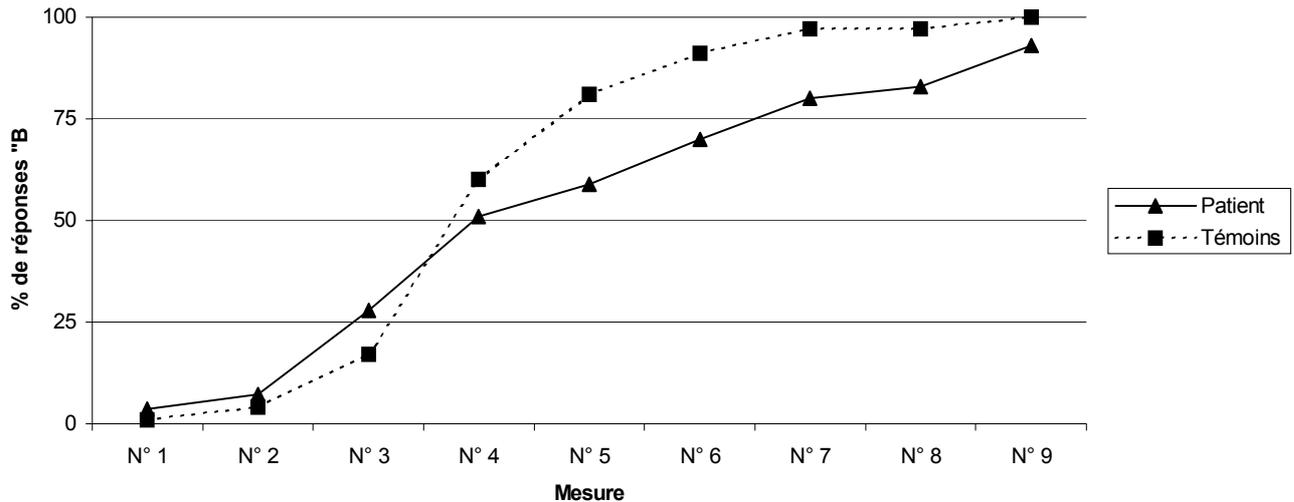


Figure C. Reconnaissance de l'émotion B par statut et pour chacune des 9 mesures.

### 11.5.1. Analyse individuelle des réponses discordantes ou erreur de reconnaissance

Le nombre d'erreurs des patients MAD et des témoins dans la mesure N° 8 (90% d'émotion B et 10% d'émotion A = image N° 18) (Cf. fig. D) est supérieur à la mesure N°9 (100% d'émotion B = image N° 19) (Cf. fig. E). Les témoins ne font aucune erreur à la mesure 9. Par contre ils réalisent 9% d'erreurs dans chacune des SE colère-peur, joie-tristesse et neutre-peur. Les patients MAD réalisent un nombre d'erreurs important dans la mesure 9 pour les SE colère-peur, neutre-colère, colère-tristesse, respectivement 9%, 17% et 34%. Le nombre d'erreur est très important pour la mesure 8 et concerne toutes les SE. Le nombre d'erreur va crescendo pour les SE neutre-joie, neutre-colère, colère-tristesse, colère-tristesse, neutre-peur, neutre-surprise et culmine avec joie-tristesse et neutre-tristesse, respectivement : 8%, 8%, 9%, 17%, 17%, 25%, 34% et 34%. Les témoins et les patients MAD ne font aucune erreur aux mesures 8 et 9 pour la SE neutre-dégoût. Cette émotion semble avoir un statut particulier chez les patients MAD.

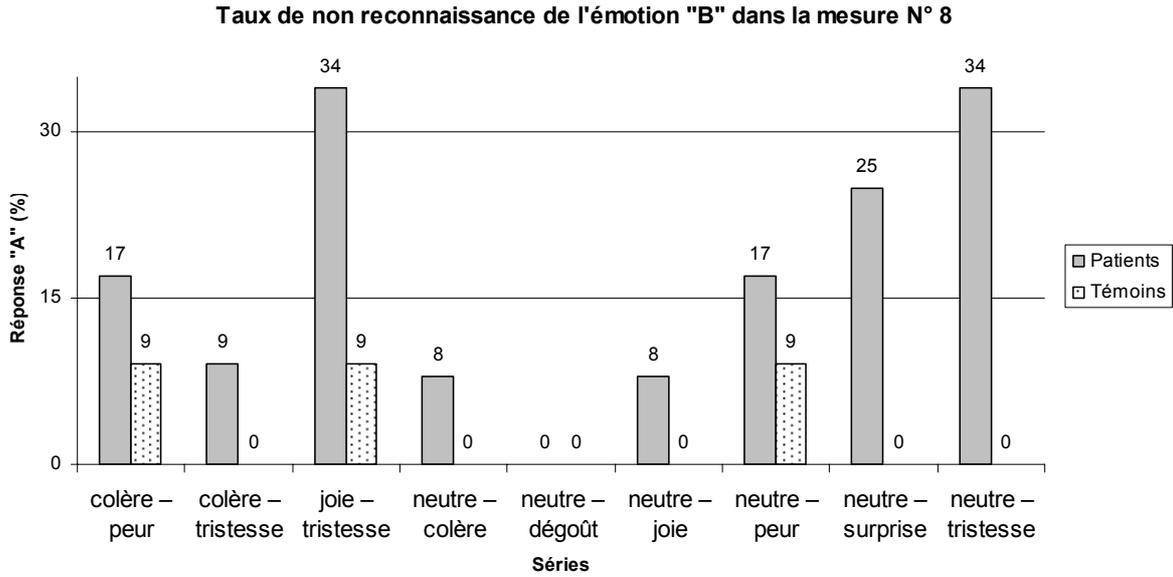


Figure D. Taux d'erreur des mesures 8 (image intermédiaire N°18) pour chaque série émotionnelle pour les MAD et témoins.

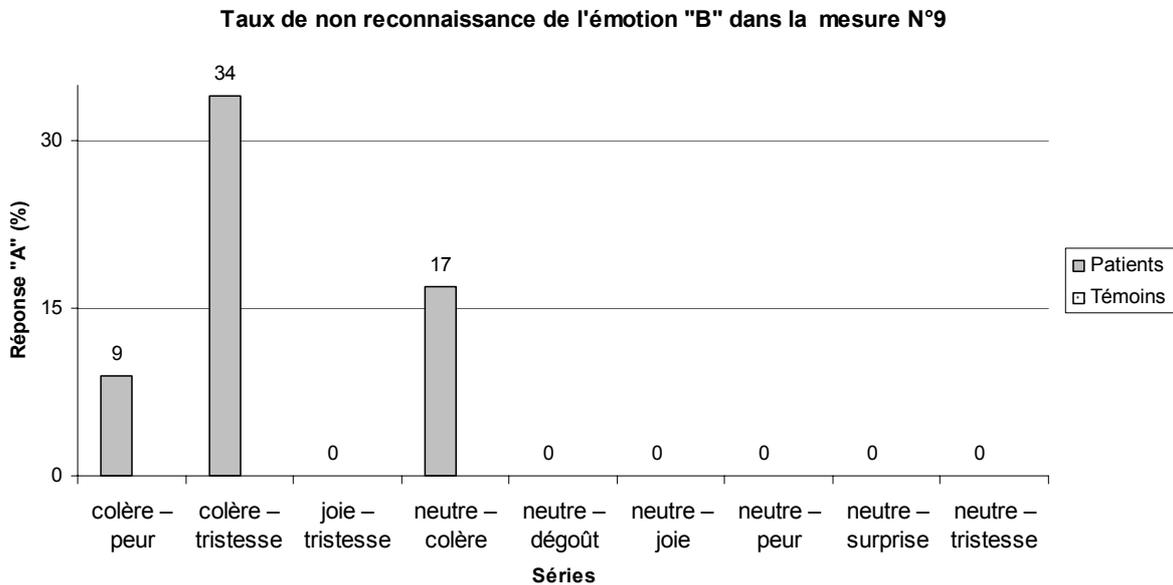


Figure E. Taux d'erreur des mesures 9 (image canonique N°19) pour chaque série émotionnelle pour les MAD et les témoins.

---

### 11.5.2. Analyses de corrélations

---

Les corrélations étudiées par le test de Bravais Pearson entre la somme des erreurs de reconnaissance et les performances neuropsychologiques montraient des corrélations significatives avec : **I**) le MMSE ( $r=-0.851$ ,  $p=0,0001$ ) ; **II**) le score global de la DRS Mattis ( $r=-0.93$ ,  $p=0,0001$ ), les sous scores de la DRS Mattis, **1**) dénomination ( $r=-0.82$ ,  $p=0.001$ ), **2**) fluence animaux ( $r=-0.82$ ,  $p=0.001$ , **3**) fluence P ( $r=-0.579$ ,  $p=0.049$ ) ; **III**) les sous scores de la Grober et Buschke **1**) rappel libre 1 ( $r=-0.773$ ,  $p=0.003$ ), **2**) rappel libre 3 ( $r=-0.757$ ,  $p=0.004$ ), **3**) rappel libre différé ( $r=-0.811$ ,  $p=0.001$ ), **4**) rappel total différé ( $r=-0.717$ ,  $p=0.009$ ).

Afin de sélectionner les performances neuropsychologiques les mieux corrélées avec les perturbations au test de reconnaissance visuelle des émotions, nous avons effectué une régression linéaire multiple avec sélection factorielle pas à pas avec la somme des réponses discordantes comme variable dépendante et les facteurs suivants : MMSE, score global de la DR Mattis, sous scores de la DRS Mattis, sous-scores de Grober et Buschke. Les facteurs suivants furent sélectionnés : **score global DR Mattis** ( $r^2=0,79$  ;  $p=0,001$ ) et **rappel libre différé** au score de Grober et Buschke ( $r^2=0,1$  ;  $p=0,013$ ).

Le trouble de la reconnaissance des émotions était donc lié à la sévérité du syndrome démentiel mesuré par le déficit de la mémoire épisodique verbale et de l'efficacité intellectuelle globale.

---

## 11.6. DISCUSSION

---

### 11.6.1. Les taux de reconnaissance des émotions ou analyse qualitative

---

Nos résultats confortent l'idée que la reconnaissance visuelle des émotions faciales est déjà altérée à un stade léger de la MA, ce qui est en bonne concordance avec certains auteurs (Burnham et Hogervorst 2004) et en opposition avec d'autres pour les mêmes stades de la maladie (Labar et *al.* 2005 ; Labar et *al.* 2000). Ce déficit est corrélé à la sévérité globale de la démence et à un

trouble de la mémoire épisodique verbale. La présence de témoins normaux et hyper sélectionnés réduit le risque d'avoir inclus des patients avec une démence infra clinique. Dans notre travail, le recours au langage est inutile puisqu'il s'agit d'un choix binaire d'appariement forcé au vu de deux images canoniques. L'étude de la reconnaissance avec une saturation progressive en émotion montre une augmentation du seuil d'identification des émotions : ceci suggère la nécessité d'une expression émotionnelle plus intense pour que le taux de reconnaissance des patients MAD soit égal à celui des témoins. Le différentiel moyen est de 16% de réponses pour les mesures 5 à 9. Autrement dit, les patients MAD seraient nettement moins sensibles aux émotions.

L'ensemble des structures impliquées dans la reconnaissance des émotions : le système limbique dont l'amygdale, le cortex orbito-frontal, le cortex préfrontal dorso-latéral et les cortex pariétaux et temporaux sont susceptibles d'être à l'origine de ce seuil. La similitude du seuil pour chaque émotion permet d'évoquer l'atteinte d'une région commune au traitement de toutes les émotions. L'implication du cortex préfrontal, dans ce type de traitement, est évoqué dans la littérature. L'atteinte unique des corps amygdaloïdes aurait provoqué un déficit majeur de la peur, soit un déficit beaucoup plus important que le pour le reste des émotions. Il est acquis que les corps amygdaloïdes ne traitent pas exclusivement la peur. Cependant, l'atteinte de toutes les émotions chez les patients MAD et la certitude de l'atteinte de cette région dans la Maladie d'Alzheimer supposeraient que les corps amygdaloïdes participent au traitement de toute les émotions canoniques. Cela va à l'encontre de la littérature actuelle. Par contre, le dysfonctionnement du gyrus cingulaire antérieur droit et des cortex frontaux et préfrontaux bilatéraux serait plus à même d'expliquer ce constat. Néanmoins, il est difficile de dire si ce dysfonctionnement est induit par l'atteinte organique du complexe amygdalo-hippocampique ou un dysfonctionnement intrinsèque des régions précédentes. En outre, le nombre d'erreurs de reconnaissance pour la peur est inférieur à celui de la surprise et de la tristesse. La corrélation entre le nombre total d'erreur et les fonctions cognitives atteste du lien entre intelligence et difficulté à reconnaître les émotions. Nos résultat ne s'orientent pas vers une atteinte privilégiée

d'un réseau neuronal spécialisé dans le traitement d'une émotion. Il n'est pas exclu qu'il existe un dysfonctionnement concomitante des réseaux de chaque émotion canonique avec une gradation en fonction de l'émotion considérée.

Il est possible que la perturbation conjointe de la reconnaissance visuelle des émotions faciales et de la mémoire épisodique soient une caractéristique de la MA aux stades légers. Pour Cadieux et Greve, les troubles émotionnels de la MA seraient secondaires aux lésions présentes dans l'hippocampe et l'amygdale (Cadieux and Greve, 1997 ; Braak et Braak, 1991 ; van Hoesen, 1997).

Le taux de reconnaissance de la peur dans la SE colère-peur est le plus déficitaire de toutes les SE. Il existe un trouble de l'identification de la peur à l'avantage de la colère. Cette constatation pourrait expliquer l'hétéro-agressivité de certains patients MA qui agressent des interlocuteurs apeurés alors qu'ils les identifient comme colériques. Ce résultat est identique à celui de Kohler et *al.* (2004). Cette SE offre le plus grand différentiel entre témoins et patients MA. La sensibilité de cette SE pourrait être utile pour distinguer une MAD. Le déficit de reconnaissance de la colère chez les patients MAD n'est pas retrouvé par Kohler et *al.* (2004) et Lavenex et *al.* (1999).

Le taux de reconnaissance de la tristesse dans la SE joie-tristesse est supérieure chez les patients MAD comparativement aux témoins. Ce paradoxe s'explique par une plus grande identification de la tristesse au dépend de la joie chez les patients MAD. La même constatation est faite chez les témoins mais avec une intensité plus forte. Soulignons que cette SE possède le taux de reconnaissance le plus bas chez les témoins. Dans les deux cas, le taux de reconnaissance oscille autour de 50%. La reconnaissance des 2 émotions est identique dans cette SE joie-tristesse. Par conséquent, il existe une confusion entre les deux émotions. Il en est de même pour la SE colère-tristesse et neutre-colère chez les patients MAD. Les SE colère-tristesse, joie-tristesse, neutre-colère sont peu discriminantes dans le cas de la MAD.

---

## 11.6.2. Les erreurs de reconnaissance des émotions ou analyse quantitative

---

Rappelons que la reconnaissance émotionnelle est un pourcentage qui concerne la totalité des 19 images de la SE pour un échantillon de sujets. Par contre, le nombre d'erreur n'intéresse qu'une seule image et un seul sujet. L'interaction séries\*statut n'était pas significative ( $p=0,276$ ) et l'interaction mesure\*statut montre une tendance nettement significative ( $p=0.07$ ). Dans le cas des patients MAD, le nombre d'erreurs dans la mesure N° 8 pour les SE unipolaires est très élevé pour la tristesse (34%), la surprise (25%) et la peur (17%) et faible pour la joie (8%) et la colère (8%). Seule la peur n'est pas reconnue par les sujets sains dans 9 % des cas. Pour la mesure N° 9, seule la colère n'est pas reconnue dans 17 % de MAD, alors que les témoins ne font pas d'erreur. Les patients MAD et les témoins ne font aucune erreur de reconnaissance pour le dégoût dans les mesures 8 et 9.

Dans les SE bipolaires, le nombre d'erreurs est si important qu'il devient difficile de distinguer les 2 émotions ; joie-tristesse 34% d'erreurs. Le nombre d'erreur des mesures 4, 5, 6, 7 est très important. Il s'agirait plus d'une confusion entre les 2 émotions canoniques que d'erreur de reconnaissance. L'incapacité à distinguer les 2 émotions d'une SE conduit le sujet MAD à répondre au hasard. Dans ce cas, le taux de reconnaissance sera d'autant plus modeste que le nombre d'erreurs de reconnaissance sera grand. La confusion entre 2 émotions canoniques sera d'autant plus importante que le taux de reconnaissance sera proche de 50%. Le nombre d'erreurs est important, dans la mesure N° 8, entre la joie et la tristesse (34%), moyenne entre la colère et la peur (17%) et modeste entre la colère et la tristesse (9%). Cette confusion persiste dans la mesure N° 9 pour la colère et la tristesse (34%) et la colère et la peur (9%). La peur et la colère sont les premières émotions à souffrir de la MAD. Calder et al. (2003 a, b) fait le même constat au cours du vieillissement. Les SE joie-tristesse, neutre-tristesse et neutre-surprise seraient les SE les plus perturbées dans la maladie d'Alzheimer débutante et donc les plus sensibles.

Les patients MAD ont des performances de reconnaissances émotionnelles plus faibles que les témoins appariés. Une mauvaise compréhension de la tâche peut expliquer ces résultats malgré la tâche préliminaire carré-cercle. Cependant, cette hypothèse est infirmée par une performance des MAD supérieure aux témoins pour la SE joie-tristesse. L'éventualité d'un trouble perceptif peut être écarté en raison de la cohérence des performances des MAD qui inscrivent une courbe proche des témoins mais avec un sous décalage pour les SE unipolaires. Les SE bipolaires sont plus complexes sur un plan expérimental car elles sollicitent davantage les systèmes de reconnaissance. Ces SE évoquent une incapacité à distinguer nettement les deux émotions. Par conséquent, il s'agirait plus d'un trouble réel de la reconnaissance visuelle des émotions faciales.

La mesure du taux de reconnaissance ne permet pas une étude individuelle de la reconnaissance des émotions. Par contre, le taux de discordance ou erreur de reconnaissance l'autorise. Le dénombrement des erreurs sur les images N° 18 et N°19 (soit les mesures 8 et 9) suffit pour une étude de personne. Les résultats sont superposables aux taux de reconnaissance hormis un taux d'erreurs de reconnaissance nul pour les témoins et les patients MA. Ce constat irait dans le sens d'un substratum organique spécifique pour le dégoût et distinct des autres émotions.

---

## 11.7. CONCLUSION

---

La mauvaise reconnaissance émotionnelle des patients MAD n'était pas secondaire à : **1)** un trouble de la perception visuelle élémentaire car tous les sujets ont subi un test de l'acuité visuelle, **2)** un trouble visuel complexe car tous les sujets avaient des scores identiques à la reconnaissance des images intermédiaires carré-cercle. L'absence de dénomination de l'émotion affichée durant le test évitait l'accès à la mémoire sémantique et à la mémoire épisodique verbale. La tâche d'appariement de notre outil permettait uniquement la reconnaissance de l'émotion dans les SE unipolaires et la reconnaissance ainsi que l'identification de l'émotion dans les SE bipolaires.

Malgré la simplicité de notre outil, les résultats sont significatifs et proches de certains auteurs. Notre travail met en évidence un trouble de la reconnaissance des émotions chez les

patients MAD. Une analyse plus fine indique que malgré l'existence d'un seuil, le profil « hiérarchique » des performances de la reconnaissance des SE unipolaires est la même entre patients MAD et témoins. Ces résultats renforcent l'idée d'un trouble spécifique de la reconnaissance des émotions dans la MAD.

Les études en imageries fonctionnelles sur l'intégration des émotions attribuent un rôle important au cortex préfrontal médial et du gyrus cingulaire antérieur droit, pour l'ensemble des émotions (Phan et al. 2002 ; George et al. 1993). Les difficultés de reconnaissance de toutes les émotions chez les patients MA de notre travail semble aller dans ce sens. La reconnaissance de la joie est très déficitaire. Elle semble particulièrement sensible à la MAD.

Notre travail souffre d'une taille d'échantillon modeste. Cependant, il confirme et précise les résultats de la littérature. La simplicité de l'outil ne retire rien à sa précision, probablement en raison d'une meilleure compréhension par les patients MA. L'appariement, avec une population avec des fonctions cognitives optimum découvre davantage de caractéristiques. La mesure de la DRS Mattis et de la Grober et Buschke améliore la discrimination des caractéristiques de chacune des 2 groupes.

---

## **12. La reconnaissance visuelle des émotions faciales canoniques dans la Schizophrénie.**

---

Philippe GRANATO, Olivier GODEFROY, Jean-Pierre VAN GANSBERGHE<sup>†</sup>, Raymond BRUYER.

(Soumis, juillet 2006)

---

### **12.1. RESUME**

---

Nous avons étudiés la reconnaissance visuelle des émotions faciales, sur 20 schizophrènes chroniques et institutionnalisés. Ils ont été appariés en âge, sexe, niveau éducatif. Nous avons

utilisé la batterie MARIE qui utilise un appariement binaire dans un continuum d'images intermédiaires. Nous constatons l'existence d'un seuil dans la reconnaissance visuelle des émotions canoniques (neutre-émotion). La reconnaissance du dégoût est le plus diminué suivi de la peur. La surprise est la moins déficitaire. La reconnaissance de la colère est strictement identique aux témoins. La reconnaissance des séries séries bipolaires (émotion-émotion) est identique aux témoins.

**Mots clefs** : Emotions / MARIE/ vieillissement / Alzheimer/

---

## 12.2. INTRODUCTION

---

La schizophrénie est une maladie polymorphe provoquée par des anomalies neuro-développementales précoces (Barr, 2001 ; Bilder, 2001 ; Cornblatt et al. 2003 ; Niemi et al. 2003). Elle touche les sujets au début de l'âge adulte (Goldstein, 2002). Elle s'exprime par des délires, des hallucinations, des interactions sociales difficiles (Aghevli et al. 2003 ; Cadesky et al. 2000 ; Mueser et al. 1996), un déficit de l'attention (Barr, 2001 ; Karatekin and Asarnow, 1998 a, b, 1999 ; Øie et al. 1999), et un déficit de la reconnaissance visuelle des émotions faciales (Mandal et al. 1998). Les médications antipsychotiques (neuroleptiques) n'expliquent pas ce déficit (Kerr and Neale, 1993 ; Poole et al. 2000 ; Salem et al. 1996 ; Streit et al. 1997). Le trouble de la reconnaissance émotionnelle est souvent associé à un déficit cognitif, mais il n'existe aucune corrélation statistiquement significative (Borod et al. 1993 ; Bryson et al. 1997 ; Feinberg et al. 1986 ; Mandal et al. 1998 ; Penn et al. 2000). Ce trouble de la reconnaissance émotionnelle est présent (Walker et al. 1980) : **1)** dès la première décompensation psychotique (Edwards et al. 2001), **2)** chez les personnalités schizotypiques (Mikhailova et al.1996), **3)** chez les personnalités avec tendance au délire (Green et al. 2003), **4)** dans la fratrie non malade des schizophrènes (Kee et al. 2004 ; Loughland et al. 2004). Ce déficit est stable tout au long de la vie du schizophrène (Addington et Addington, 1998 ; Streit et al. 1997 ; Wölwer et al. 1996). Il s'aggrave lors des décompensations psychotiques (Edwards et al. 2002 ; Penn et al. 2000). L'intensité de ce déficit

est moindre lors du premier épisode psychotique (Edwards et al. 2001) et chez les sujets qui ont une propension au délire (Green et al. 2003 ; Mikhailova et al. 1996). Cependant, pour certains auteurs, les schizophrènes n'auraient pas de troubles de la reconnaissance des émotions (Loughland et al. 2002 b) ainsi que leurs enfants (Davalos et al. 2004 ; Loughland et al. 2004) et le reste de leur famille (Loughland et al. 2004).

Ces contradictions dépendent des méthodologies utilisées. Elles montrent une **hétérogénéité** : **1) des émotions** canoniques utilisées, **2) des outils** de mesure de la reconnaissance émotionnelle, **3) des niveaux cognitifs**, **4) des populations**, **5) de l'aspect productif, ou déficitaire de la psychose**, **6) de la phase aiguë ou chronique de la maladie** (pour revue voir Edwards et al. 2002, Chapman and Chapman, 1978). La comparaison des résultats est impossible. Cette mesure émotionnelle reste d'ordre expérimental et impose des protocoles longs et compliqués qui rendent impossible son utilisation en routine clinique (pour revue voir Cramer et al. 1992).

Ce travail se propose d'étudier l'identification des émotions au travers d'une tâche de décision binaire à choix forcé avec uniquement des photographies et sans utilisation de la parole ce qui permet de contourner l'existence d'un trouble du langage (schizophasie, etc.). La simplicité de la tâche favorise une bonne compréhension de l'expérience et la rapidité (2 minutes par SE) permet une épargne des ressources attentionnelles et pondéré l'existence d'un trouble du cours de la pensée. Cette étude est possible en routine clinique et offre des résultats immédiats. Le principe fondamental consiste à saturer graduellement les images en émotions afin de déterminer le seuil d'identification. Une méthodologie identique a été utilisée sur une population de 204 sujets sains (sous presse).

---

## 12.3. METHODE

---

Nous présentons des images intermédiaires générées par une procédure de « *morphing* » constituant 9 séries émotionnelles provenant du visage d'une « femme blonde », d'une « femme brune » et d'un « homme » à 20 patients malades d'une schizophrénie et à 20 sujets sains appariés.

---

### 12.3.1. Les sujets

---

Le groupe expérimental était composé de vingt patients avec schizophrénie, hospitalisés au Centre psychothérapeutique du Centre Hospitalier de Valenciennes. Pour assurer les appariements d'âge et de niveau scolaire nous avons sélectionné un échantillon de vingt patients droitiers, caucasiens, natifs du Nord de la France, avec le français pour langue maternelle (groupe témoin). Les patients n'avaient aucun antécédent de pathologies neurologiques. Ils avaient des médications à base de neuroleptiques retards depuis plus de 36 mois avant l'étude (Haldol décanoas, et Piportil L4). La durée de l'hospitalisation actuelle était de 3,2 (2.7) années. Chaque patient était volontaire et avait rédigé un formulaire de consentement en accord avec le comité d'éthique.

Nous avons administré une échelle de PANSS (Kay et al. 1987) à chaque sujet de l'étude. Un appariement, à partir de l'âge, du sexe et du niveau d'étude fut réalisé avec 20 témoins issus d'un échantillon de 204 témoins.

	<b>Témoins</b>	<b>Schizophrènes</b>	<b><i>p</i></b>
<b>n =</b>	20	20	
<b>sexe (H/F)*</b>	17 / 3	15/ 5	<i>0,429</i>
<b>Age</b>	46,1 (9)	46,9 (8,2)	<i>0,785</i>
<b>Niveau de scolarité (1/2)</b>	12 / 8	16 / 4	<i>0,376</i>
<b>MMSE (/30)</b>	30	22,3 (2,7)	<i>0,0001</i>
<b>Durée de la maladie depuis le diagnostic (années)</b>	0	24,5 (10,2)	<i>0,0001</i>
<b>Echelle Positive de la PANSS ( / 49)</b>	0	32 (10)	<i>0,0001</i>
<b>Echelle négative de la PANSS ( / 49)</b>	0	29 (13)	<i>0,0001</i>
<b>Echelle psychopathologie générale de la PANSS ( /112)</b>	0	63 (18)	<i>0,0001</i>
<b>Somme des réponses discordantes (erreurs)</b>	1,2(1,8)	5,2 (5,2)	<i>0,005</i>

**Table N°1** : caractéristiques des sujets, *n* : nombre, H/F : sexe ratio, âge (moyennes et écart-types) et niveaux de scolarité : (1) moins de 15 années d'étude, (2) plus de 15 années. Mini Mental State Examination /30, durée de la maladie depuis le diagnostic (moyennes et écart-types). PANSS (moyennes et écart-types) pour chacune des sous échelles positive, négative et de psychopathologie générale. Somme des réponses discordantes (moyenne et écart-type).

---

## 12.4. MATERIEL

---

### 12.4.1. Construction des stimuli

---

La construction des stimuli est identique à celle de l'étude sur les 204 sujets sains.

---

### 12.4.2. Procédure

---

La procédure est identique à celle de l'étude sur les 204 sujets sains.

---

### 12.4. 3. Evaluations statistiques

---

Nous avons utilisé le logiciel SPSS v. 11 (SYSTAT Software Inc. « SPSS.com »). Les analyses des données furent effectuées par une ANOVA avec pour facteurs inter-sujets le groupe (MA ou sujets sains), et pour facteurs intra-sujets la SE, le visage, la mesure et les réponses discordantes. Le test multivarié lambda de Wilks fut utilisé, le seuil de significativité fut fixé à 0,05. Dans toutes ces analyses, la variable dépendante était le nombre de choix de la réponse B en pourcentage (le nombre de réponses A étant complémentaire).

---

## 12.5. RESULTATS

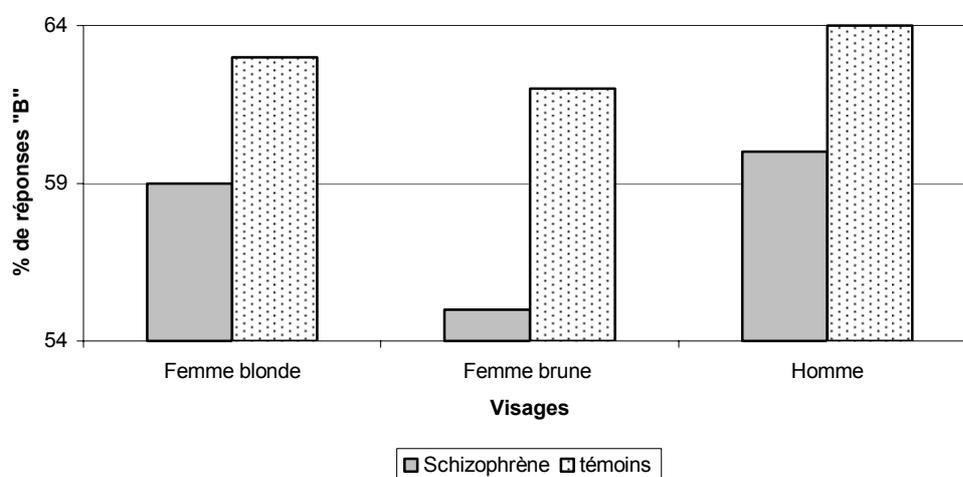
---

La reconnaissance de l'émotion « B » différait selon : **1**) le groupe ( $F(1,220) = 17.16$  ;  $p = 0.0001$ ) indiquant une reconnaissance moins fréquente chez les schizophrènes ( $58\% \pm 0,8$ ) que chez les Témoins ( $63\% \pm 0.8$ ) ; **2**) le visage ( $F(2,37) = 13.13$  ;  $p = 0.0001$ ), en raison d'une reconnaissance moins importante pour le visage de la femme brune ( $58 \pm 0.7$ ), femme blonde ( $61$

$\pm 0,8$ ) et homme ( $62 \pm 0.6$ ) ; **3**) la série émotionnelle ( $F(8,31) = 36.6$  ;  $p=0.001$ ) et **4**) la mesure ( $F(8,31) = 3.31$  ;  $p=0.0001$ ).

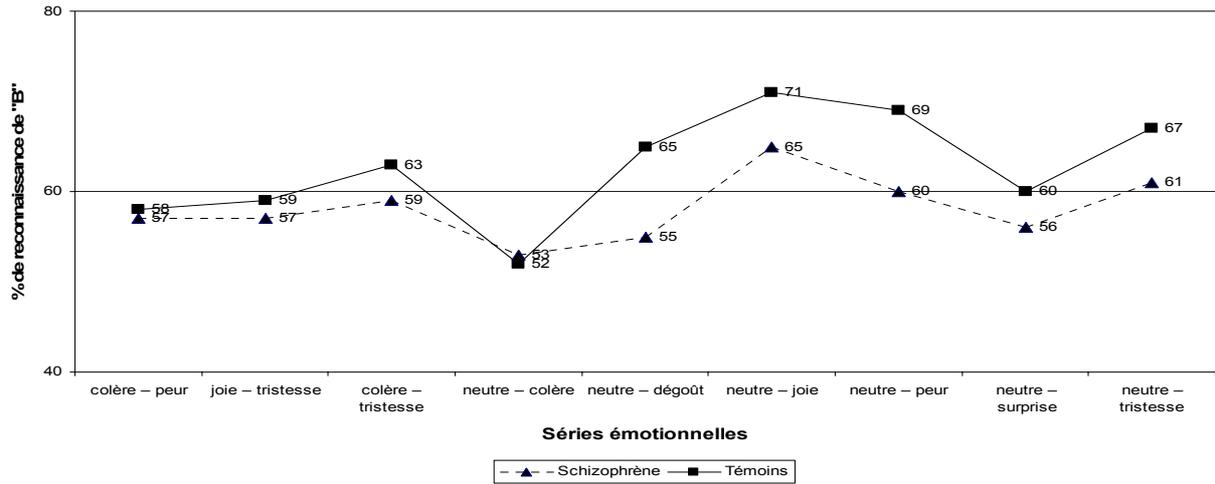
### Les interactions suivantes étaient significatives :

L'interaction **visage\*groupe** ( $F(2,37) = 3.7$  ;  $p=0.034$ ), les schizophrènes reconnaissent moins bien que les témoins les émotions sur le visage de la femme brune (Cf. Fig. A).



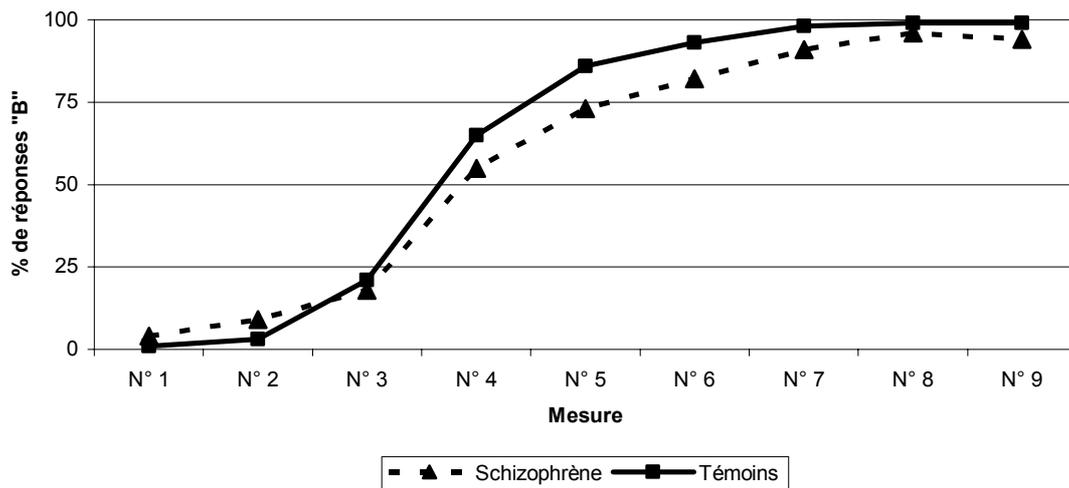
**Figure A.** Reconnaissance de « B » par groupe et par visage.

L'interaction **SE\*groupe** ( $F(8,31) = 6.12$  ;  $p=0.0001$ ), était significative ce qui était attribué à un déficit plus net chez les schizophrènes pour les SE qui contenait la neutralité alors que les SE bipolaires ainsi que neutre-colère étaient peu différentes entre les 2 groupes. En revanche les performances étaient différentes à l'avantage des témoins pour le dégoût (55/65), la joie (65/72), la peur (60/69), la surprise (56/60) et la tristesse (62/68) (Cf. Fig. B).



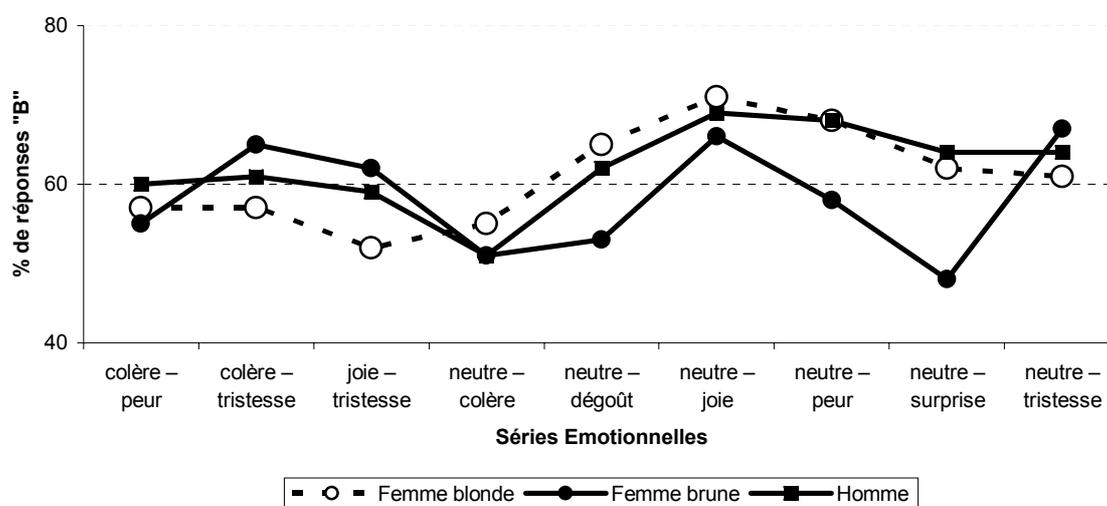
**Figure B.** Reconnaissance de l'émotion pour chaque SE et par groupe.

L'interaction **mesure\*groupe** ( $F(8,31) = 3.3 ; p = 0.007$ ), l'inspection visuelle montre que dès la mesure N° 4 les témoins identifiaient les émotions mieux que les schizophrènes (Cf. figure C). Ce résultat suggérait une élévation du seuil d'identification émotionnel dans la schizophrénie : ainsi la saturation en émotion de 72 % (mesure n°7) permettait une identification de B par 98% des témoins et 90% des schizophrènes. Pour une saturation de 100 %, les schizophrènes plafonnaient à 94% et les témoins à 99%.



**Figure C.** Performance de reconnaissance de B pour chacune des 9 mesures et pour les 2 groupes.

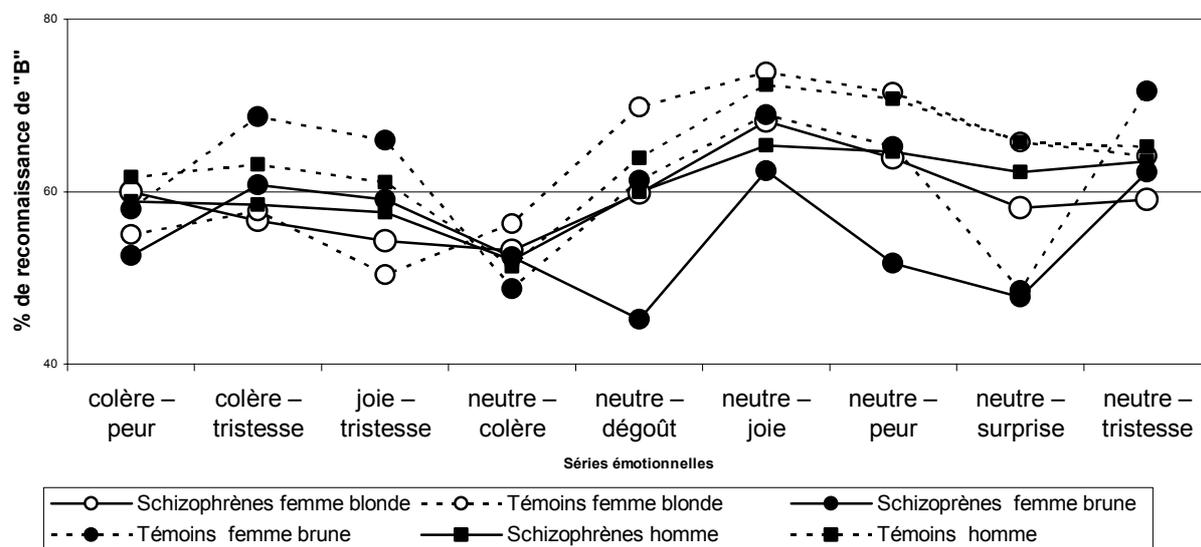
L'interaction **visage\* SE** ( $F(16,23)=3.3$  ;  $p=0.0001$ ), était liée (1) à un taux de réponses faible pour la femme brune aux SE : neutre-dégoût, neutre-peur, neutre-surprise et plus importante pour la SE colère-tristesse, (2) et pour la femme blonde moindre pour les SE colère - tristesse, joie - tristesse. La reconnaissance de la colère, de la joie, de la tristesse et de la SE colère-peur étaient identiques pour les 3 visages (Cf. figure D). Par conséquent, le nombre de réponses dépend du visage et de l'émotion qu'il exprime.



**Figure D.** Reconnaissance de B pour chaque SE et chaque visage.

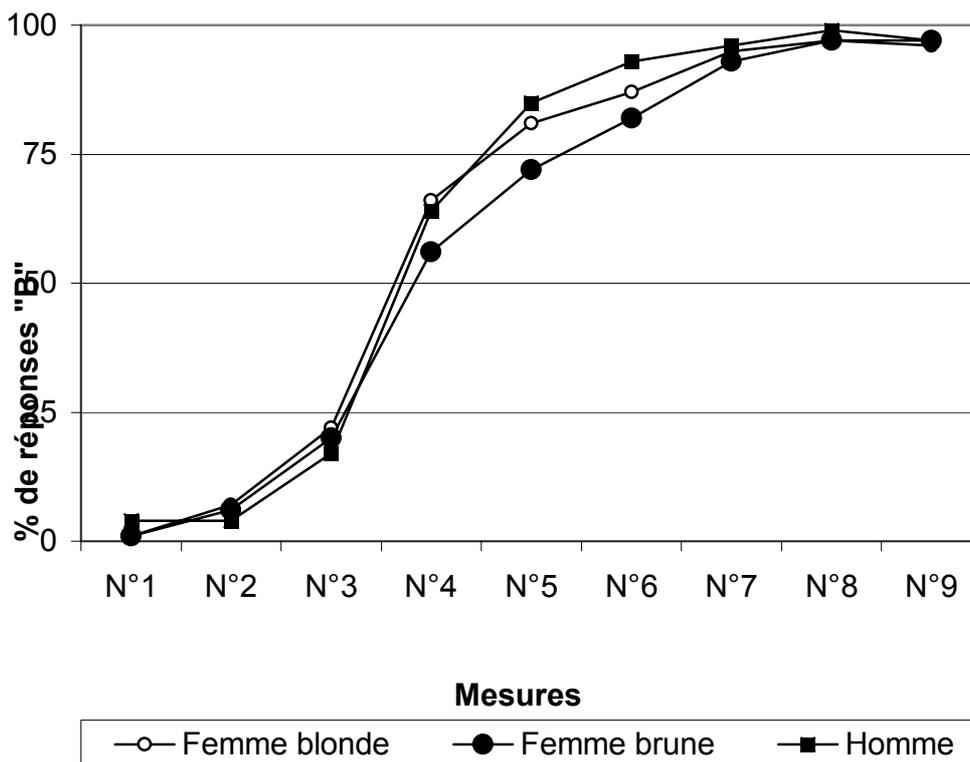
L'interaction **visage\*SE\*groupe** ( $F(16,23)=5.4$  ;  $p=0.0001$ ) était liée à un taux de reconnaissance de « B » différent entre témoins et schizophrènes pour les mêmes visages et les mêmes SE. L'inspection visuelle offrait un taux de reconnaissance modeste pour : **1)** colère-tristesse, joie-tristesse, neutre-dégoût, neutre-joie, neutre-peur, neutre-surprise pour la « femme blonde » dans le groupe des schizophrènes, **2)** neutre-dégoût, neutre-joie, pour l'homme dans le groupe des schizophrènes, **3)** colère-dégoût, neutre-joie, neutre-peur, neutre-surprise, pour la femme brune dans le groupe des schizophrènes. Ce taux était plus élevé pour les SE : **1)** neutre-colère, neutre-dégoût, neutre-joie, neutre-peur, neutre-surprise, neutre-tristesse pour la « femme blonde » dans le groupe des témoins, **2)** colère-tristesse, joie-tristesse, neutre-tristesse pour la

« femme brune » dans le groupe des témoins, **3)** colère-peur, colère-tristesse, joie tristesse, neutre-joie, neutre-peur, neutre-surprise, neutre tristesse pour « l'homme » pour les témoins. Globalement, les schizophrènes : 1) reconnaissent difficilement les SE sur les 3 visages comparativement aux témoins et 2) les émotions étaient plus difficilement reconnu sur le visage de la femme brune. La reconnaissance émotionnelle dépendrait de la série émotionnelle, du visage et du groupe. Les performances de la reconnaissance de la colère sont proches, indépendamment du visage et du statut. Les schizophrènes ont de grandes difficultés à reconnaître les émotions sur le visage de la « femme brune ». Rappelons qu'elle est afro-américaine et n'est pas de la même origine ethnique que les schizophrènes et les témoins (Cf. fig. E).



**Figure E.** Reconnaissance de B pour chaque SE, chaque visage et chaque groupe.

L'interaction **visage\*mesure** ( $F(16,23)=5.9$ ;  $p=0.0001$ ), reflétait une meilleure reconnaissance des émotions sur les visages de la « femme blonde » et de « l'homme » dès la mesure N°4. Ce résultat suggérait une élévation du seuil d'identification émotionnel pour le visage de la « femme brune ». Les performances étaient identiques dès la mesure N°7. L'existence d'un seuil différent de reconnaissance en fonction des visages apparaîtrait donc uniquement pour les mesures centrales (Cf. fig. F).



**Figure F.** Taux de reconnaissance de B pour chacune des mesures des 3 visages.

**Les autres interactions :** visage\*mesure\*groupe, SE \* mesure, SE \* mesure \* groupe, SE

\* mesure \* visage, SE \* mesure \* visage \* groupe n'étaient pas significatives.

### 12.5.1 Réponses discordantes ou erreurs de reconnaissance

Rappelons que la reconnaissance émotionnelle est un pourcentage qui intéresse la totalité des 19 images de la SE pour un échantillon de sujets. Par contre, le nombre d'erreur n'intéresse qu'une seule image et un seul sujet. Le nombre de réponses discordantes étaient significativement plus élevé chez les schizophrènes ( $5.2 \pm 5.2$ ) que chez les témoins ( $1.25 \pm 1.9$ ) ( $F(1,38)=8,8$   $p=0.005$ ). Un nombre de réponses discordantes supérieur au percentile 95 (seuil : 5 réponses discordantes) était présent chez 6 des 20 schizophrènes et 1 des 20 témoins (test exact de Fisher  $p=0.005$ ). Il en résultait une sensibilité de 30%, une spécificité de 95%, une valeur prédictive positive de 86% et une valeur prédictive négative de 58%.

---

## 12.5.2. Analyses de corrélations

---

Chez les schizophrènes, le taux de réponses discordantes n'était corrélé ( $r$  de Bravais-Pearson) ni à l'âge ( $r(18)=0.073$ ,  $p=0,0001$ ), ni à la durée de la maladie ( $r(18)=0.154$ ,  $p=0,516$ ). En ce qui concerne les scores neuropsychologiques, le taux de réponses discordantes n'était pas corrélé avec : (1) le MMSE ( $r(18)=0.430$ ,  $p=0,059$ ), (2) la sous échelle positive de la PANSS ( $r(18)=-0.003$ ,  $p=0.989$ ), (3) la sous échelle négative de la PANSS ( $r(18)=0.410$ ,  $p=0.072$ ) et (4) la sous échelle de psychopathologie générale ( $r(18)=0.00$ ,  $p=0.999$ ).

---

## 12.6. DISCUSSION

---

### 12.6.1. Aspect global

---

Notre travail met en évidence un trouble de la perception des émotions chez les schizophrènes. Ce déficit ne semble pas imputable à un trouble de l'acuité visuelle élémentaire car tous les sujets ont subi un test de l'acuité visuelle. Une reconnaissance des images intermédiaires « *carré-cercle* » avec des scores identiques entre témoins et patients MA écartait l'idée de troubles visuels complexes ou de troubles attentionnels. L'absence de dénomination de l'émotion affichée durant le test évitait l'accès à la mémoire sémantique. La facilité et la rapidité de l'outil faisaient face aux troubles attentionnels des schizophrènes et à un trouble du cours de la pensée ou d'expression verbale.

L'étude de la reconnaissance émotionnelle avec une saturation graduelle en émotion montre une augmentation du seuil d'identification des émotions chez les schizophrènes. Cela suggère la nécessité d'une expression émotionnelle plus intense pour obtenir une reconnaissance identique à celle des témoins.

Les performances à l'intérieur de chaque groupe dépendent de l'identité du visage et de la SE. Ces résultats ne permettent pas d'exclure ou de confirmer l'hypothèse d'un déficit spécifique

des processus de reconnaissance émotionnels chez les schizophrènes (Walker et al. 1984 ; Murphy and Cutting, 1990 ; Borod et al. 1993).

---

### 12.6.2. Les taux de reconnaissance des émotions

---

Les taux de reconnaissances émotionnelles dépendent de la série et du groupe mais aussi du visage examiné. Les schizophrènes chroniques et les témoins ont des taux de reconnaissance : **1)** comparables pour les séries bipolaires et la colère, **2)** significativement différents pour le reste des séries. La maladie schizophrénique n'entraînerait pas un dysfonctionnement global mais spécifique de la reconnaissance des émotions. Une reconnaissance des SE bipolaires et de la colère comparable aux témoins permet d'évoquer une préservation de certains circuits dans la schizophrénie.

La reconnaissance de la peur, de la tristesse et de la colère nécessite l'observation de la région des yeux (Adolphs et al. 2005). Pour cet auteur, l'atteinte bilatérale des amygdales rendrait impossible l'exploration de cette région. Nous constatons que la reconnaissance de la colère et identique entre témoins et schizophrènes. Ces résultats s'opposent donc aux auteurs pour qui le seul dysfonctionnement de l'amygdale serait à l'origine d'un trouble de la reconnaissance émotionnelle dans la schizophrénie et non pas un trouble intrinsèque de la reconnaissance émotionnelle (Schneider et al. 1998 ; Williams et al. 2004, 2005).

La prise en compte de taux de reconnaissance : **1)** quasi identique entre témoins et schizophrènes pour les séries bipolaires et pour la colère et **2)** diminué pour les schizophrènes pour les séries unipolaires pourrait représenter un profil typique de la schizophrénie, sous réserve d'études ultérieures.

### 12.6.3. Les réponses discordantes

---

Les schizophrènes réalisent un nombre de réponses discordantes (erreur de reconnaissance) important dans la reconnaissance des émotions. Ces erreurs ne sont pas corrélées au sexe, à l'âge, à la cognition, à la durée de la maladie et à l'expression clinique de la maladie au travers de la PANSS. Ces résultats vont à l'encontre des auteurs qui estiment que ce trouble de la reconnaissance émotionnelle est liée à un déficit : **1**) des cognitions (Chapman and Chapman, 1978 ; Addington and Addington, 1998 ; Kee et al. 1998 ; Kohler et al. 2000 ; 2003 ; Sachs et al. 2004) **2**) de l'identification du visage (Novic et al. 1984 ; Feinberget al. 1986 ; Salem et al. 1996 ; Johnston et al. 2001). L'absence de corrélation entre le nombre d'erreurs et les sous échelles de la PANNS nous orientent vers une dissociation entre les troubles de la reconnaissance émotionnelle et l'expression clinique de la maladie schizophrénique. Les troubles du contact, les difficultés de socialisation et l'institutionnalisation de longue durée pourraient être à l'origine d'un défaut d'apprentissage de la reconnaissance émotionnelle. Cependant, cette hypothèse n'explique pas le clivage entre les séries bipolaires en incluant la colère et les séries unipolaires.

---

## 12.7. CONCLUSION

---

Nous avons montré l'existence d'un trouble de la reconnaissance des émotions chez les schizophrènes. La réussite au test préliminaire « carré-ronde » permet écarter l'éventualité d'un trouble attentionnel. L'entretien clinique d'inclusion devait exclure les schizophrènes avec un trouble productif, ou une hostilité de l'ambiance ou un trouble du contact. La faillite de cet examen aurait conduit à des réponses anarchiques. Les taux de reconnaissance sont proches pour les 3 visages et pour les SE colère-peur, neutre-colère, neutre-joie, neutre-tristesse. Ces résultats évoquent une certaine cohérence.

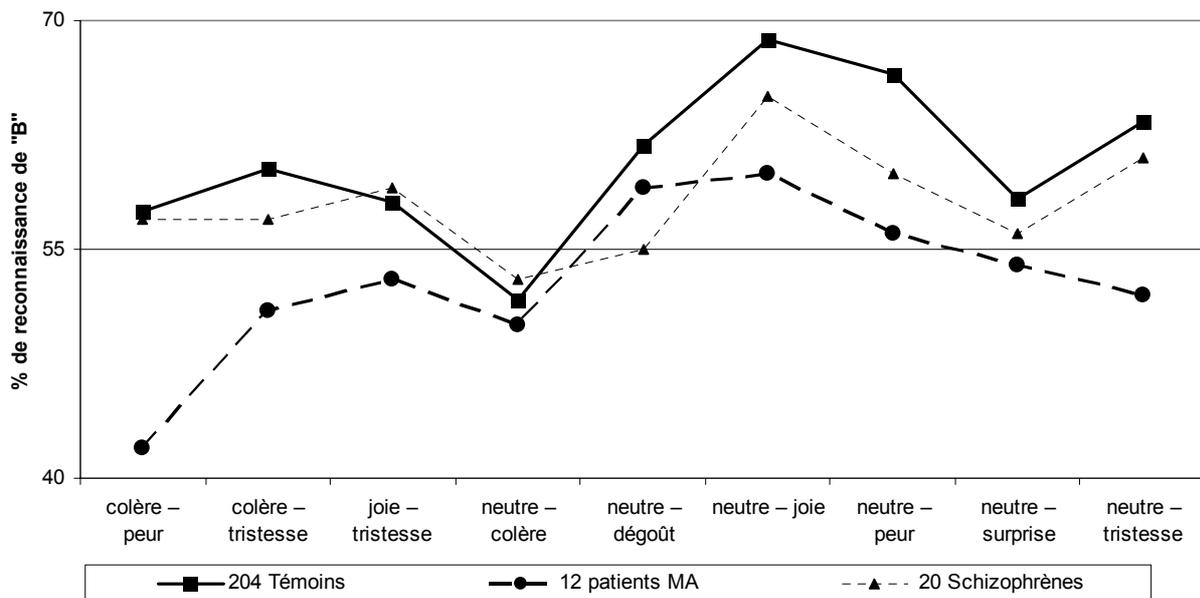
Ce travail montre l'existence d'un seuil dans la reconnaissance des émotions chez les schizophrènes. Le taux de reconnaissance des émotions dépend de l'identité du visage et du type

d'émotion. Cette caractéristique est présente chez les témoins mais elle semble nettement plus importante chez les schizophrènes. La mauvaise reconnaissance des émotions de la femme brune pourrait s'expliquer par une mauvaise qualité photographique mais dans ce cas la reconnaissance de toutes les émotions affichées par cette femme serait déficitaire. En outre, la mesure de la reconnaissance de la colère est identique pour les 3 visages et pour les schizophrènes et les témoins. Ce constat renforce bien la cohérence des résultats.

Les émotions canoniques, hormis la colère sont moins bien reconnues par les schizophrènes. Par contre, ils reconnaissent la colère et les SE bipolaires avec les mêmes taux que les sujets sains. On pourrait évoquer un traitement du signal émotionnel à deux niveaux : un niveau unitaire (émotions canoniques) et un niveau plus complexe (mixage des émotions canoniques). Ce type de traitement nécessiterait plus de ressources cognitives. Le schizophrène serait compétent dans ce type de traitement. La bonne reconnaissance de la colère par le schizophrène en ferait une émotion canonique préservée par la maladie. La mauvaise reconnaissance du reste des séries émotionnelles unipolaires permet d'évoquer un trouble spécifique du traitement de chacune d'elles ou un trouble de leur traitement global (cortex préfrontal, cortex cingulaire droit ou corps amygdaloïdes) ou les deux. Ce profil de reconnaissance émotionnelle pourrait être typique de la schizophrénie. La reconnaissance de la peur et du dégoût est plus déficitaire que la joie la surprise et la tristesse. Ce constat pourrait expliquer les difficultés à vivre en société. L'hostilité de l'ambiance avec un vécu persecutif de ces patients ne s'explique pas par une hypersensibilité à percevoir les émotions sur autrui. Il s'agirait d'un autre mécanisme sans rapport à priori avec la reconnaissance des émotions faciales. Cependant, cet échantillon de patients était traité et institutionnalisé. De plus, les sous catégories productives et déficitaires et le degré d'évolution de la maladie n'apparaissent pas dans ce travail. Les conclusions intéressent des schizophrènes chroniques traités et institutionnalisés.

La présence de troubles cognitifs chez les schizophrènes doit être prise en compte dans la discussion. Ils peuvent expliquer la difficulté à reconnaître les émotions canoniques sans que l'on

sache si ce déficit est la conséquence du trouble cognitif ou d'un trouble spécifique de la reconnaissance des émotions altéré par la maladie schizophrénique. La combinaison des deux possibilités n'est pas à exclure. L'étude dans la maladie d'Alzheimer conduit à des réserves identiques. Cependant, la préservation des séries émotionnelles bipolaires dans la schizophrénie se distingue du profil des patients MA où toutes les séries émotionnelles sont déficitaires. La préservation de la colère n'est pas une caractéristique de la schizophrénie. En effet, si nous comparons les 3 populations avec toutes les réserves statistiques et d'études ultérieures, nous constatons que la reconnaissance de la colère est proche pour les 3 échantillons (Cf. fig. G). La colère semble une émotion difficilement reconnue et insensible au vieillissement chez le sujet sain dans la maladie d'Alzheimer débutante et la schizophrénie. A notre connaissance la colère est peu étudiée. Il serait utile de connaître les pathologies qui affectent la reconnaissance de la colère.



**Figure G.** Reconnaissance de l'émotion B pour les 3 échantillons de population.

Les sous échelles de la PANSS ne sont pas suffisamment catégorisées pour discuter une quelconque corrélation entre les taux de reconnaissance et un sous type particulier de schizophrénie.

Notre travail souffre de la petitesse de l'échantillon, de la présence d'un trouble cognitif, d'une hétérogénéité d'expression clinique de la maladie schizophrénique, d'une mesure rigoureuse de la durée de la maladie et de l'institutionnalisation. Des études ultérieures devraient tenter de maîtriser chacun de ces paramètres pour comprendre les troubles de la reconnaissance émotionnelles des schizophrènes qui perturbent le fonctionnement social de ces derniers.

---

## 13. CONCLUSION ET DISCUSSION GENERALE

---

### 13.1. Avantages de l'outil de mesure

---

L'identification d'une émotion suppose la succession de 3 étapes. **(I)** La reconnaissance ou perception qui est l'impression de déjà vu ou de familiarité. La représentation mentale de l'émotion observée doit correspondre à un invariant de cette même émotion stockée dans le registre sémantique. **(II)** L'étape intermédiaire est « l'identification » qui donne accès à des informations détaillées sur la nature de l'émotion avant l'accès au nom. **(III)** L'étape finale est la « dénomination » qui permet d'associer un substantif à l'émotion.

Les sujets devaient apparier l'image centrale, sans la définir ni la nommer, à une des images canoniques latérales. Dans l'hypothèse où la neutralité n'est pas une émotion il s'agit bien de reconnaître une émotion. Si la neutralité est une émotion, il devait reconnaître deux émotions et en discriminer une des deux. Par conséquent, la reconnaissance semble être la seule étape étudiée. La présence conjointe des images latérales des émotions canoniques et des étiquettes gêne cette conclusion. Il est possible qu'il s'agisse d'un traitement plus complexe. D'une part, une reconnaissance du mot sur l'étiquette qui renvoie à une représentation mentale invariante de l'émotion lue et qui doit correspondre à l'image de l'émotion centrale. La bonne qualité de la « l'ajustement » s'exprime par une rapidité de prise de décision. L'augmentation de ce temps évoque un mauvais « ajustement. La présence des images canoniques et des étiquettes rend la

discussion difficile. L'unique présence des étiquettes dans le cas de l'homme est plus intéressante. De façon paradoxale les performances sont nettement meilleures. La combinaison d'un effet d'idiosyncrasie et d'apprentissage pourrait expliquer ces résultats. Le cas des SE bipolaires est plus complexe Le sujet doit identifier deux émotions et non une. Il est possible que les temps de réaction soient plus élevés.

La simplicité d'utilisation et de compréhension de la tâche permet son utilisation chez des sujets avec un faible niveau de compréhension inné ou acquis ainsi qu'avec des difficultés motrices. Il suffit de presser sur les boutons de la souris informatique. Il n'est pas nécessaire d'avoir accès la parole. Les ressources attentionnelles ne sont pas sollicitées longtemps en raison de la rapidité du test pour une série émotionnelle. L'observation du test-retest montre une fidélité de l'outil. Il est possible d'aboutir à des mesures complexes est précises avec des résultats qui ne sont qu'une succession des 0 et de 1. L'association d'images intermédiaires et de l'appariement binaire peut être étendu à d'autres images (identité des visages, formes d'objets, etc.) ou à d'autres percepts comme les phonèmes, les bruits, etc.

Ce travail a permis la mise en place d'un référentiel chiffré pour la population de référence. Ces chiffres pourront permettre la comparaison entre populations mais surtout la comparaison avec des populations porteuses d'une pathologique. L'administration a des cultures archaïques avec un faible niveau de civilisation pourrait faire avancer le débat sur la réalité des émotions canoniques et le débat sur l'inné et l'acquis. Ce travail est possible dès à présent.

Nous avons mesuré et étudié les caractéristiques du « récepteur » qu'est le sujet. Il est possible de mesurer indirectement les qualités de « l'émetteur » qu'est le stimulus. La constitution d'un échantillon de sujets représentatif d'une population permettrait de mesurer un ensemble d'images différentes (forme d'une voiture, visage d'un acteur de cinéma, homme politique, etc. Il serait intéressant de mesurer la différence d'impact cognitif (objet) ou émotionnel (visage) sur une population.

---

### **13.2. Inconvénients de l'outil de mesure**

---

La mesure du temps de réaction serait un paramètre intéressant à exploiter. La passation de l'ensemble des séries émotionnelles pour les 3 visages est longue et cela d'autant plus qu'il existe un trouble cognitif. M.A.R.I.E. ne mesure pas l'expérience émotionnelle, ni l'expression des émotions. La mesure de la reconnaissance émotionnelle s'adresse à un échantillon de sujet et non un individu. En revanche, il est possible de mesurer le nombre de réponses discordantes (erreur de reconnaissance) pour un individu.

---

### **13.3. Les émotions**

---

A notre connaissance, il s'agit d'une des rares études, où la totalité des émotions canoniques (selon Ekman) ont été prises en compte. De plus, nous nous sommes intéressés à des séries émotionnelles bipolaires. Ce travail confirme et précise les données de la littérature. L'approche mathématique permet de confirmer et d'identifier de nouveaux concepts qu'il est possible de mesurer. La joie est l'émotion la mieux perçue et la colère la moins bien perçue par la population indépendamment du sexe, de l'âge et du niveau d'éducation. Ce constat pourrait expliquer d'une part, **1)** la nécessité pour certaines espèces animales d'exagérer sur leur visage l'expression de leur colère pour que leur congénère puisse la reconnaître, **2)** la capacité à reconnaître la joie par le bébé dès la 3<sup>ème</sup> semaine. Il est acquis que la peur possède un substratum organique. Le taux de reconnaissance de la joie est supérieur à celui de la peur. Les taux de reconnaissance du dégoût et de la tristesse sont proches de celui de la peur.

La reconnaissance des émotions est indépendante du sexe de l'âge et du niveau d'éducation, cela de 20 ans à 70 ans. Par contre, il existe un effet d'idiosyncrasie dans la mesure où les reconnaissances des différentes émotions dépendent a priori de l'identité du visage. Il existe un « profil » émotionnel pour chaque visage. Ce profil n'est pas modifié par l'avancée en âge. L'idiosyncrasie ne doit pas être uniquement rapportée à l'identité du visage. Il est possible

qu'il s'y ajoute d'autres paramètres comme l'empathie, la sympathie, l'antipathie et d'autres paramètres dont l'étude serait intéressante.

La colère est une émotion originale et insensible au vieillissement du sujet sain, à la maladie d'Alzheimer et à la schizophrénie. Les connaissances de cette émotion sont fort modestes chez l'homme ; bien qu'il existe un lien entre colère et corps amygdaloïdes (Fisher et al. 2005) et insula, cingulum, thalamus ganglion de la base et hippocampe (Strauss et al. 2005). Il semblerait que ces régions ou l'une d'elles ne soit pas affectées par ces situations.

---

#### **13.4. La population saine de référence**

---

Notre échantillon peut être considérée comme « *hyper-normale* », donc non représentative d'une population normale. Cependant, il offre l'avantage de maîtriser le paramètre cognitif et de ne pas avoir inclus des sujets avec une démence. Cet échantillon présente un sexe ratio équilibré. Nous avons inclus 204 sujets, âgés entre 20 ans et 70 ans représentatifs d'un continuum de vie. L'idéal eût été de suivre le même échantillon de 20 ans à 70 ans et de le mesurer régulièrement. La DRS Mattis et l'échelle de Grober et Buschke ont été administrées à partir de 50 ans à 114 sujets en plus des HDRS et HAMA. A notre connaissance, il s'agit de l'une des seules études de ce genre.

---

#### **13.5. Les échantillons avec la maladie d'Alzheimer et schizophrénie**

---

L'administration de M.A.R.I.E. à une population saine n'était pas suffisante pour apprécier la pertinence et l'intérêt de l'outil en dehors du sujet sain. Il était nécessaire de savoir si notre mesure pouvait être affectée par différentes pathologies. Il apparaît que chacune de ces deux pathologies offre des profils de reconnaissances émotionnelles caractéristiques bien que les échantillons souffrent de leur taille modeste. Globalement, dans les deux cas la reconnaissance émotionnelle diminue et il apparaît un seuil qu'il conviendrait d'associer à la durée de la maladie et à sa gravité. D'autre part, l'action pharmacologique de certaines molécules pourrait être mieux

appréciée dans les pathologies psychiatriques et neurologiques. Les séries émotionnelles bipolaires distinguent bien la MA et la schizophrénie.

---

## 14. PERSPECTIVES

---

Désormais, l'ordinateur n'est plus indispensable à la mesure de la reconnaissance émotionnelle. La normalisation a permis de déterminer les SE les plus sensibles et les plus spécifiques des deux catégories (MA ou schizophrénie) Il est possible de retranscrire sur un support papier chacune des séries émotionnelles. Le sujet devant biffer une des deux cases proposées. L'ordinateur portable n'est plus le seul support à ce travail clinique. Néanmoins, il est incontournable pour la mesure des temps de réaction et il évite les erreurs de retranscription du médecin.

La poursuite du travail de recherche devrait utiliser les situations suivantes : femme blonde sans étiquettes ni émotion canonique avec et sans dénomination, puis avec étiquettes seules, puis émotions canoniques seules. Ensuite, la femme brune et enfin l'homme dans les mêmes conditions. Ces paradigmes permettraient des progrès dans la compréhension des liens entre reconnaissance, identification et dénomination et dénomination. La faisabilité de cette étude devrait être étendue de l'âge de 4 ans à 19 ans.

De toute évidence, il est nécessaire de confirmer les résultats pour la MAD et la schizophrénie. De plus, la présence des référentiels de la normalisation des sujets sains permet l'étude de toutes les pathologies psychiatriques et neurologiques.

---

## 15. REFERENCES

---

1. **ADDINGTON** J, Addington D. 1998. Facial affect recognition and information processing in schizophrenia and bipolar disorder. *Schizophrenia Research*. 32, 171–181.
2. **ADOLPHS** R, Tranel D, Damasio H, Damasio A. 1994. Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala. *Nature* 372(6507): 669-72.
3. **ADOLPHS** R, Damasio H, Damasio AR. 1995. Fear and the human amygdala. *Journal of Neuroscience* 15-5879-5891.
4. **ADOLPHS R**, Baron-Cohen S, Tranel D. 2002 impaired recognition of social emotions following amygdala damage. *Cogn. Neurosci.* ; 14(8):1264-74.
5. **ADOLPHS** R, Gosselin F, Buchanan TW, Tranel D, Schyns P, Damasio AR. 2005. A mechanism for impaired fear recognition after amygdala damage. *Nature* 433, 68–72.
6. **AGHEVLI** M, Blanchard JJ, Horan W. 2003. The expression and experience of emotion in schizophrenia: a study of social interactions. *Psychiatry Research*. 119, 261–270.
7. **ANDERSON** SW, Barrash J, Bechara A, Tranel D. 2006 Impairments of emotion and real-world complex behavior following childhood- or adult-onset damage to ventromedial prefrontal cortex. *J. Int. Neuropsychol. Soc.*
8. **BAIN** A. 1874, *the emotions and the will (3rd ed.)*, New York, Appleton.
9. **BAR-ON** R, Tranel D, Denburg NL, Bechara A. 2003 Exploring the neurological substrate of emotional and social intelligence. *Brain*. 126(Pt 8): 1790-800.
10. **BARON-COHEN** S, Leslie AM, Frith U. 1985. Does the autistic child have a theory of mind? *Cognition*. 21: 37–46.
11. **BARON-COHEN S**. 1988. Without a theory of mind one cannot participate in a conversation. *Cognition*. 29(1):83-4.
12. **BARON-COHEN S**. 1991. The development of a theory of mind in autism: deviance and delay? *Psychiatr. Clin. North. Am.*
13. **BARON-COHEN S**, Ring H, Moriarty J, Schmitz B, Costa D, Ell P. 1994 Recognition of

- mental state terms. Clinical findings in children with autism and a functional neuroimaging study of normal adults. *Br. J. Psychiatry*. 165(5): 640-9.
14. **BARR** W. 2001. Schizophrenia and attention deficit disorder two complex disorders of attention. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 931, 239–250.
  15. **BEALE** JM, et **KEIL** FC. 1995 Categorical effects in the perception of faces. *Cognition*. 57,217-239.
  16. **BERLYNE** DE. 1960, *Conflict, Arousal and Curiosity*, New-York, Mc Graw-Hill.
  17. **BIELE** C, Grabowska A. 2006. Sex differences in perception of emotion intensity in dynamic and static facial expressions. *Exp. Brain Res*. 1-6
  18. **BILDER** RM. 2001. Schizophrenia as a neurodevelopmental disorder. *Current Opinions in Psychiatry* 14, 9–15.
  19. **BIRBAUMER** N, Veit R, Lotze M, Erb M, Hermann C, Grodd W, Flor H. 2005 Deficient fear conditioning in psychopathy: a functional magnetic resonance imaging study. *Arch. Gen.Psychiatry*. 62(7):799-805.
  20. **BLAIR** RJ, MJ, Frith CD, Perrett DI, Dolan RJ. 1999. Dissociable neural responses to facial expressions of sadness and anger. *Brain*. 122 (Pt 5):883-93.
  21. **BLAIR** RJ, Cipolotti L. 2000 Impaired social response reversal. A case of 'acquired sociopathy'. *Brain*. 123 (Pt 6):1122-41.
  22. **BLAIR** RJ, Colledge E, Mitchell DG. 2001 a Somatic markers and response reversal: is there orbitofrontal cortex dysfunction in boys with psychopathic tendencies? *J. Abnorm. Child. Psychol*. 29(6):499-511.
  23. **BLAIR** RJ, Colledge E, Murray L, Mitchell DG. 2001 b. A selective impairment in the processing of sad and fearful expressions in children with psychopathic tendencies. *J. Abnorm. Child Psychol*. 29(6):491-8.
  24. **BLAIR** RJ. 2003. Facial expressions, their communicatory functions and neuro-cognitive substrates. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci*. 358(1431): 561-72. Review.
  25. **BLUMBERG** HP, Donegan NH, Sanislow CA, Collins S, Lacadie C, Skudlarski P, Gueorguieva R, Fulbright RK, McGlashan TH, Gore JC, Krystal JH. 2005. Preliminary

- evidence for medication effects on functional abnormalities in the amygdala and anterior cingulate in bipolar disorder. *Psychopharmacology* (Berl). 183(3):308-13.
26. **BODINI** B, Iacoboni M, Lenzi GL. 2004. Acute stroke effects on emotions: an interpretation through the mirror system. *Curr. Opin. Neurol.* 17(1): 55-60. Review.
  27. **BOROD**, JC, Martin CC, Alpert M, Brozgold A, Welkowitz J. 1993. Perception of facial emotion in schizophrenic and right brain-damaged patients. *The Journal of Nervous and Mental Disease.* 181, 494–502.
  28. **BRAAK** H. et Braak E. 1991. Neuropathological staging of Alzheimer-related changes. *Acta Neuropathologica.* 82, 239–259.
  29. **BRAUN** M, Traue HC, Frisch S, Deighton RM, Kessler H. Emotion recognition in stroke patients with left and right hemispheric lesion: results with a new instrument-the FEEL Test. *Brain Cogn.* 58(2):193-201.
  30. **BREITER** HC, Etcoff NL, Whalen PJ, Kennedy WA, Rauch SL, Buckner RL, et al. Response and habituation of the human amygdala during visual processing of facial expression. *Neuron* 1996; 17:875–87.
  31. **BRIERLEY** B, Medford N, Shaw P, David AS. Emotional memory and perception in temporal lobectomy patients with amygdala damage. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* 2004; (4):593-9.
  32. **BROCA** P. 1863. Localisation des fonctions cérébrales. Siègne de la faculté du langage articulé. *Bull. Soc. Anthropol.* Paris 4, 200– 204.
  33. **BROKS** P, Young AW, Maratos W, Coffey PJ, Calder AJ, Isaac C. 1998. Face processing impairments after encephalitis: amygdala damage and recognition of fear. *Neuropsychologia.* 36:59–70.
  34. **BROSGOLE** L, Kurucz J, Plahovinsak TJ, Sprotte C, Haveliwala YA. 1983. Facial- and postural-affect recognition in senile elderly persons. *Int. J. Neurosci.* 22(1-2): 37-45.
  35. **BROSGOLE** L, Weisman 1995. J. Mood recognition across the ages. *Int. J. Neurosci.* 82(3-4):169-89.
  36. **BRUYER** R. 1987. Les mécanismes de reconnaissance des visages. Grenoble: *Presses Universitaires de Grenoble.*

37. **BRUYER** R, et Granato P. 1999. Categorical effects in the perception of facial expressions: M.A.R.I.E. a simple and discriminating clinical tool. *European Review of Applied Psychology* 49, 3-10.
38. **BRYSON** G, Bell M, Lysaker P. 1997. Affect recognition in schizophrenia: a function of global impairment or a specific cognitive deficit. *Psychiatry Research*. 71, 105–113.
39. **BUCKS** RS et Radford SA. 2004. Emotion processing in Alzheimer's disease *Aging et Mental Health*. 8(3): 222-232
40. **BÜLTHOFF** I, et Newell, FN. 2004. Categorical perception of sex occurs in familiar but not unfamiliar faces. *Visual Cognition* 11, 823-855.
41. **BURK** DM, Mackay DG. Memory, language, and ageing. *Philisophical Transactions of the Royal Society London B* 1997; 352: 1845–56.
42. **BURNHAM** H, Hogervorst E. 2004. Recognition of facial expressions of emotion by patients with dementia of the Alzheimer type. *Dement Geriatr. Cogn. Disord*. 18(1):75-9. 2004.
43. **BUSCHKE**. 1984. Cued recall in amnesia. *Journal of clinical neuropsychology* 6, 433-440.
44. **CADESKY** EB, Mota VL, Schacha RJ. 2000. Beyond words: how do children with ADHD and/or conduct problems process nonverbal information about affect? *Journal of the American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*. 39, 1160–1167.
45. **CADIEUX** NL et Greve KW. 1997. Emotion Processing in Alzheimer's disease. *Journal of the International Neurological Society*. 3, 411–419.
46. **CALDER** AJ, Young AW, Perrett DI, Etcoff ML, Rowland D. 1996 a. Categorical perception of morphed facial expressions. *Visual Cognition*. 3:81–117.
47. **CALDER** AJ, Young AW, Rowland D, Perrett DI, Hodges JR, Etcoff NL. 1996 b. Facial emotion recognition after bilateral amygdala damage: differentially severe impairment of fear. *Cognitive Neuropsychol*. 13:699–745.
48. **CALDER** AJ, Keane J, Manes F, Antoun N, Young AW. 2000, Impaired recognition and experience of disgust following brain injury. *Nature Neuroscience*. 3:1077–8.
49. **CALDER** AJ, Keane J, Manes F, Antoun N, Young AW. 2000 a. Impaired recognition and experience of disgust following brain injury. *Nature Neuroscience* 3: 1077–8.

50. **CALDER** AJ, Keane J, Cole J, Campbell R, Young AW. 2000 b. Facial expression recognition by people with Moebius syndrome. *Cognitive Neuropsychol.* 17:73–87.
51. **CALDER** AJ, Lawrence A, Young AW. 2001 a. The neuropsychology of fear and loathing. *Nature Reviews Neuroscience.* 2:352–63.
52. **CALDER** AJ, Lawrence AD, Keane J, Scott SK, Owen AM, Christoffels I, Young AW. 2002. Reading the mind from eye gaze. *Neuropsychologia.* 40(8):1129-38
53. **CALDER** AJ, Keane J, Manly T, Sprengelmeyer R, Scott S, Nimmo-Smith I, Young AW. 2003 a. Facial expression recognition across the adult life span. *Neuropsychologia.* 41(2):195-202.
54. **CALDER** AJ, Jill Keane, Tom Manly, Reiner Sprengelmeyer, Sophie Scott, Ian Nimmo-Smith, Andrew W. 2003 b. Young Facial expression recognition across the adult life span. *Neuropsychologia.* 195–202
55. **CAMPANELLA** S, Chrysochoos A, Bruyer R. 2001. Categorical perception of facial *gender* information: behavioural evidence and the face-space metaphor. *Visual Cognition.* 8: 237–62.
56. **CAMPANELLA** S, Quinet P, Bruyer R, Crommelinck M, Guérit JM. 2002. Categorical perception of happiness and fear facial expressions: an ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience,* 14, 210-227.
57. **CAMPANELLA** S, Hanoteau Seron X, Joassin F, Bruyer R. 2003. Categorical perception of unfamiliar facial identities and the face-space metaphor. *Visual Cognition,* 10, 129-156.
58. **CAMPBELL** R, EK, Kuntsi J, Akers R, Terstegge J, Coleman M, Skuse D. 2002. The classification of 'fear' from faces is associated with face recognition skill in women." *Neuropsychologia.* 40(6): 575-84.
59. **CAMRAS** L. 1980. Children's understanding of facial expressions used during conflict encounters. *Child Development,* 51, 879-885.
60. **CAMRAS** L, et Allison K. 1985. Children's understanding of emotional facial expressions and verbal labels. *Journal of Nonverbal Behavior,* 9, 84-94.

61. **CANLI** T, Cooney RE, Goldin P, Shah M, Sivers H, Thomason ME, Whitfield-Gabrieli S, Gabrieli JD, Gotlib IH. 2005. Amygdala reactivity to emotional faces predicts improvement in major depression. *Neuroreport*. 22; 16(12):1267-70.
62. **CANNON WB**. Voodoo death. 1957. *Psychosom. Med.* 19(3):182-90.
63. **CANNON WB**. 1987. The James-Lange theory of emotions: a critical examination and an alternative theory. By Walter B. Cannon, 1927. *Am. J. Psychol.* 100 (3-4):567-86;
64. **CANNON** W. 2002. "Voodoo" death. *American Anthropologist*, 1942; 44 (new series): 169-181. *Am. J. Public Health*: 92 (10): 1593-6; discussion 1594-5.
65. **CASELLI** RJ, Jack CR Jr, Petersen RC, Wahner HW, Yanagihara T. 1992. Asymmetric cortical degenerative syndromes: clinical and radiologic correlations. *Neurology*. 42(8):1462-8.
66. **CERELLA** J. 1990. Aging and information processing rate. In J.E.Binen et K.W.Schaie (Eds), *Handbook of the Psychology of Aging* (3rd ed., pp. 201-221) San Diego : Academic Press.
67. **CHAPMAN** L, Chapman J. 1978. The measurement of differential deficit. *Journal of Psychiatric Research*. 14, 303– 311.
68. **CHARLESWORTH** WR. 1969. The role of surprise in Cognitive Development , in El kind D. et Flavel J.H (1969), *Studies in Cognitive Development, essays in honor of Jean Piaget* (257-314), New-York and London, Oxford University Press.
69. **CHEN** CH, Lennox B, Jacob R, Calder A, Lupson V, Bisbrown-Chippendale R, Suckling J, Bullmore E. 2006. Explicit and implicit facial affect recognition in manic and depressed States of bipolar disorder: a functional magnetic resonance imaging study. *Biol. Psychiatry*. 59(1):31-9.
70. **CLORE GL**, Ortony A, Foss MA. 1987. The psychological foundations of the affective lexicon. *Journal of Personality and Social Psychology*, 53, 751-766.
71. **CORNBLATT** BA, Lenez T, Smith, CW, Correll CU, Auther AM, Nakayama E. 2003. The schizophrenia prodrome revisited: a neurodevelopmental perspective. *Schizophrenia Bulletin* 29.
72. **CRAMER** P, Bowen J, O'neill M. 1992. Schizophrenics and social Judgement. Why do

schizophrenics get it wrong? *British Journal of Psychiatry*. 160, 481-487.

73. **CROSBY EC**, C J HERRICK. J Comp. Neurol. 1960 Aug; 115: 3-8. Charles Judson Herrick, neurologist. *Science*. 131 : 1654-5.
74. **DAMASIO AR**. The somatic marker hypothesis and the possible functions of the prefrontal cortex. 1996. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 351(1346):1413-20. Review.
75. **DAPRETTO M**, Davies MS, Pfeifer JH, Scott AA, Sigman M, Bookheimer SY, Iacoboni M. 2006. Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders. *Nat. Neurosci*. 9(1):28-30.
76. **DARWIN C**. 1872. The Expression of the Emotions in Man and Animals. *John Murray, London*.
77. **DAVALOS DB**, Compagnon N, Heinlein S, Ross RG. 2004. Neuropsychological deficits in children associated with increased familial risk for schizophrenia. *Schizophrenia Research*. 67, 123–130.
78. **DAVID AS**. 1989. Perceptual asymmetry for happy-sad chimeric faces: effects of mood. *Neuropsychologia*. 27/10: 1289-1300.
79. **DAVIDSON RJ**, Fox NA. 1982. Asymmetrical brain activity discriminates between positive and negative affective stimuli in human infants. *Science*. 17;218(4578): 1235-7.
80. **DAVIDSON RJ**, KM. Putnam, CL. Larson. 2000 a. Dysfunction in the Neural Circuitry of Emotion Regulation - A Possible Prelude to Violence *Science*. vol. 289,
81. **DAVIDSON RJ**, 2000 b. in *The Cognitive Neurosciences*, M. S. Gazzaniga, Ed. (MIT Press, Cambridge, MA, 1149-1159.
82. **DAVIDSON RJ**, Jackson DC, Kalin NH. 2000 c. Emotion, plasticity, context, and regulation: perspectives from affective neuroscience. *Psychol. Bull*. 126 (6):890-909. Review;
83. **DAVIDSON RJ**, Shackman AJ, Maxwell JS. 2004. Asymmetries in face and brain related to emotion. *Trends Cogn. Sci*. 8(9):389-91.
84. **DAVIDSON RJ**, Maxwell JS, Shackman AJ. 2004 a. The privileged status of emotion in the brain. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*. 101(33):11915-6.

85. **DE ARRNOND** SJ, Fusco MM, Dewey MM. 1989. *Structure of the Human Brain: A Photographic Atlas* (Oxford Univ. Press, New York, 3rd Ed.).
86. **DE GELDER** B, TEUNISSE JP, et BENSON P.J. 1997. Categorical perception of facial expressions: categories and their internal structure. *Cognition and Emotion*. 11, 1-23.
87. **DE GELDER B**, Snyder J, Greve D, Gerard G, Hadjikhani N. 2004. Fear fosters flight: a mechanism for fear contagion when perceiving emotion expressed by a whole body. *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*. 101 (47):16701-6.
88. **DECETY** J, Hodges SD. 2005. The social neuroscience of empathy *In* Lange PA. (Ed.). *Bridging Social Psychology: Benefits of trans disciplinary Approaches*. Nahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
89. **DELACHAUX** et Niestlé. **Darwin** C. (1872/1998), L'expression des émotions chez l'homme et les animaux. *In* « *Les émotions* », Rimé B, Scherer K (Ed.), Neuchatel, p. 169-82.
90. **DERBAIX** C. et Pham MT. 1989. Pour un développement des mesures de l'affectif en marketing. *Recherches et Applications en Marketing*. 4, 71-87.
91. **DIAGNOSTIC AND STATISTICAL MANUAL OF MENTAL DISORDERS**. 4th ed. Washington, DC: ABA; 1994 (*French translation*: JD Guelfi et al. Mini DSM IV critères diagnostiques. Paris: Masson; 1996).
92. **DOLAN** M, Deakin WJ, Roberts N, Anderson I. 2002. Serotonergic and cognitive impairment in impulsive aggressive personality disordered offenders: are there implications for treatment? *Psychol. Med*. 32(1):105-17.
93. **DRAG** RM, Shaw ME. 1967. Factors influencing the communication of emotional intent by facial expressions. *Psychonomic. Sci*. 8: 137-8.
94. **EDWARDS** J, Pattison PE, Jackson HJ, Wales RJ. 2001. Facial affect and affective prosody recognition in first-episode schizophrenia. *Schizophrenia Research*. 48, 235-253.
95. **EDWARDS** J, Jackson HJ, Pattison PE. 2002. Emotion recognition via facial expression and affective prosody in schizophrenia: a methodological review. *Clinical Psychology Review*. 22, 789-832.

96. **EKMAN** P, Sorensen ER, Friesen WV. 1969. Pan-cultural elements in facial displays of emotion. *Science*. 164: 86-88.
97. **EKMAN** P, Friesen WV. 1971. Constants across cultures in the face and emotion. *J. Pers. Soc. Psychol.* 17(2):124-9.
98. **EKMAN** P. 1972. Universals and cultural differences in facial expressions of emotion. In: Cole J, editor. *Nebraska Symposium on Motivation*. Lincoln: University of Nebraska Press. 207-83.
99. **EKMAN** P, Friesen WV. 1975. Unmasking the face. *Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall*.
100. **EKMAN** P, Friesen, WV. 1976. *Pictures of facial affect*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
101. **EKMAN** P. et Friesen, WV. 1978 a. Facial Action Coding System: Investigator's guide. Palo Alto: *Consulting Psychologists Press*.
102. **EKMAN** P, Friesen WV. 1978 b. Facial Action Coding System (FACS) a technique for the measurement of facial action. *Consulting Psychologists Press: Palo Alto*.
103. **EKMAN** P. (Ed.) 1982. *Emotion in the Human Face*. Cambridge : *Cambridge University Press*.
104. **EKMAN** P, Friesen W V, et Ellsworth P. 1982. What emotion categories or dimensions can observers judge from facial behaviour? In P. Ekman (Ed.), *Emotion in the human faces* (pp. 39-55). New York: Cambridge University Press.
105. **EKMAN** P, O'Sullivan M. 1988. The role of context in interpreting facial expression: comment on Russell and Fehr. *J. Exp. Psychol. Gen.* 117(1):86-90.
106. **EKMAN** P. 1992. An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion*, 6, 169-200.
107. **EKMAN** P. 1994. Strong evidence for universals in facial expressions: a reply to Russell's mistaken critique. *Psycho Bull.* 115(2):268-87
108. **ETCOFF** NL, et Magee JJ. 1992. Categorical perception of facial expressions. *Cognition* 44, 222- 240.

109. **FABRIGAR** LR, Visser PS, Browne MW. 1997. Conceptual and methodological issues in testing the circumplex structure of data in personality and social psychology. *Pers. Soc. Psychol Rev.* 1 (3): 184-203.
110. **FABRIGAR**, Remington NA, Fabrigar LR, Visser PS. 2000. Re examining the circumplex model of affect. *J. Pers. Soc. Psychol.* 79 (2):286-300
111. **FEHR** FS, STERN JA. 1970. Peripheral physiological variables and emotion: the James-Lange theory revisited. *Psychol. Bull.* 74 (6):411-24.
112. **FEINBERG** TE, Fifkin A, Schaffer C, Walker E. 1986. Facial discrimination and emotional recognition in schizophrenia and affective disorders. *Archives of General Psychiatry.* 43, 276-279.
113. **FERNANDEZ DE MOLINA Y CANAS A.** 1999. Gregorio Maranon and Walter B. Cannon. *An. R. Acad. Nac. Med. (Madr.).* 116(4):749-62.
114. **FIELD** T, et Walden T. 1982 a. Production and discrimination of facial expressions by preschool children. *Child Development,* 53, 1299-1311.
115. **FIELD** TM, Woodson R, Greenberg R, Cohen D. 1982 b. Discrimination and imitation of facial expressions by neonates. *Science.* 218: 179-181.
116. **FISCHER** H, Sandblom J, Gavazzeni J, Fransson P, Wright CI, Backman L. 2005. Age-differential patterns of brain activation during perception of angry faces. *Neurosci. Lett.* 386(2): 99-104.
117. **FITZGERALD** DA, Angstadt M, Jelsone LM, Nathan PJ, Phan KL. 2005. Beyond threat: Amygdala reactivity across multiple expressions of facial affect. *Neuroimage.*
118. **FOISY** ML, Philippot P, Verbanck P, Pelc I, van der Straten G, Kornreich. 2005. Emotional facial expression decoding impairment in persons dependent on multiple substances: impact of a history of alcohol dependence. *C. J. Stud. Alcohol.* 66(5):673-81.
119. **FOLSTEIN** MF, Folstein SE, McHugh PR. 1975. Mini-Mental State: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatry Reseach.* 12: 189-198.
120. **GAINOTTI** G, Cianchetti C, Taramelli M, Tiacci C. 1972 a. The guided self-rating anxiety-depression scale for use in clinical psychopharmacology. *Act. Nerv. Super (Praha).*

- 14(1):49-51.
121. **GAINOTTI G.** 1972 b. Emotional behavior and hemispheric side of the lesion. *Cortex.* 8(1):41-55.
122. **GAINOTTI G.** 1983. Emotions and hemispheric lateralization. Review of the literature. *Encephale.* 9(4):345-64.
123. **GAINOTTI G.** 1984. Some methodological problems in the study of the relationships between emotions and cerebral dominance. *J. Clin. Neuropsychol.* 6(1): 111-21.
124. **GAINOTTI G,** Marra C. 2001. Disorders of emotional behaviour. *J. Neurol.* 248(9):743-9.
125. **GALLESE V.** 2003. The roots of empathy: the shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity. *Psychopathology.* 36(4): 171-80.
126. **GALLESE V,** Keysers C, Rizzolatti G. 2004. A unifying view of the basis of social cognition. *Trends. Cogn. Sci.* 8(9): 396-403.
127. **GARBARINI F,** Adenzato M. 2004. At the root of embodied cognition: cognitive science meets neurophysiology. *Brain. Cogn.* 56(1): 100-6.
128. **GEDYE A.** 1989. Episodic rage and aggression attributed to frontal lobe seizures. *J. Ment. Defic. Res.* 33 (Pt 5):369-79.
129. **GEORGE MS,** Ketter TA, Gill DS, Haxby JV, Ungerleider LG, Herscovitch P, Post RM. 1993. Brain regions involved in recognizing facial emotion or identity: an oxygen-15 PET study. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 5(4):384-94.
130. **GHIKA-SCHMID F,** Ghika J, Vuilleumier P, Assal G, Vuadens P, Scherer K, Maeder P, Uske A, Bogousslavsky J. 1997. Bihippocampal damage with emotional dysfunction: impaired auditory recognition of fear. *Eur. Neurol.* 38(4) : 276-83.
131. **GODEFROY O,** Cabaret M, Petit-Chenal V, Pruvo JP, Rousseaux **M.** 1999. Control functions of the frontal lobes. Modularity of the central-supervisory system? *Cortex.* 35(1):1-20.
132. **GODEFROY O.** 2003. Semiology of attention deficits *Rev. Prat.* 53(4):367-70.
133. **GODEFROY O,** Brigitte A, Philippe A, Mira DH, Olivier G, Didier le G, Rose-Marie M, Thierry M, Chrystele M, Blandine P, Bernard P, Philippe R; 2004. Groupe de Reflexion sur

- L'Evaluation des Fonctions Executives. Frontal dysexecutive syndromes *Rev. Neurol.* (Paris). 160(10): 899-909.
134. **GOLDSTEIN**, G., 2002. Neurobehavioral heterogeneity in schizophrenia. *Archives of Clinical Neuropsychology*. 9, 265–276.
135. **GOSELIN** P, Beaupre M, Boissonneault A. 2002 a. Perception of genuine and masking smiles in children and adults : sensitivity to traces of anger. *J. Genet. Psychol.* 163 (1): 58-71.
136. **GOSELIN** P, Warren M, Diotte M. 2002 b. Motivation to hide emotion and children's understanding of the distinction between real and apparent emotions. *J. Genet. Psychol.* 163 (4): 479-95.
137. **GOTLIB** IH, Siverson H, Gabrieli JD, Whitfield-Gabrieli S, Goldin P, Minor KL, Canli T. 2005. Subgenual anterior cingulate activation to valenced emotional stimuli in major depression. *Neuroreport*. 16(16): 1731-4.
138. **GRAFMAN** J, Schwab K, Warden D, Pridgen A, Brown HR, Salazar AM. 1996. Frontal lobe injuries, violence, and aggression: a report of the Vietnam Head Injury Study. *Neurology*. 46(5):1231-8.
139. **GRANATO** P, Bruyer R, 1996. Étude objective de la perception du sourire *et de* la tristesse par la méthode d'analyse de recherche de l'intégration des émotions « MARIE ». *Annales Médico-Psychologiques*. 154(1):1–9.
140. **GRANATO** P, et Bruyer R. 2002. Measurement of facially expressed emotions by a computerized study: method of study and analysis of integration of emotions (MARIE). *European Psychiatry* 17, 339-348.
141. **GRAY** JA. 1982. *The neuropsychology of anxiety*. Oxford: Oxford University Press. New York.
142. **GRAY** JA. 1984. The hippocampus as an interface between cognition and emotion. *New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates*.
143. **GRAY** JA. 1994. "Three Fundamental Emotion Systems", in P. Ekman and R.J. Davidson (Eds) *The Nature of Emotion: Fundamental Questions*, pp. 243±7. *New York: Oxford University Press*.

144. **GRAY JM**, Young AW, Barker WA, Curtis A, Gibson D. 1997. Impaired recognition of disgust in Huntington's disease gene carriers. *Brain*. 120: 2029–38.
145. **GREEN J**, et Ekman P. 1973. Age and the recognition of facial expressions of emotion. *Document inédit*.
146. **GREEN MJ**, Williams LM, Davidson D. 2003. Visual scanpaths and facial affect recognition in delusion-prone individuals: increased sensitivity to threat? *Cognitive Neuropsychiatry* 8, 19–41.
147. **GROBER E**, Buschke H, Kawas C, Fuld P. 1985. Impaired ranking of semantic attributes in dementia. *Brain. Lang.* 26(2):276-86.
148. **GROBER E**, Buschke H, Crystal H, Bang S, Dresner R. 1988. Screening for dementia by memory testing. *Neurology*. 38(6):900-3.
149. **GROBER E**, Kawas C. 1997. Learning and retention in preclinical and early Alzheimer's disease. *Psychol. Aging*. 12(1):183-8.
150. **GROSS AL**, et Ballif B. 1991. Children's understanding of emotion from facial expressions and situations: A review. *Developmental Review*, 11, 368-398.
151. **GUNNING-DIXON FM**, Gur RC, Perkins AC, Schroeder L, Turner T, Turetsky BI, Chan RM, Loughhead JW, Alsop DC, Maldjian J, Gur RE. 2003. Age-related differences in brain activation during emotional face processing. *Neurobiol. Aging*. 24(2):285-95.
152. **GUR RC**, Turner T, McGrath C, Chan RM, Turetsky BI, Alsop D, Maldjian J, Gur RE. 2002. Brain activation during facial emotion processing. *Neuroimage*. 16(3 Pt 1) : 651-62.
153. **HADJIKHANI N**, de Gelder B. 2003. Seeing fearful body expressions activates the fusiform cortex and amygdala. *Curr. Biol*. 13 (24): 2201-5.
154. **HAMILTON M**. 1960. A rating Scale for depression. *J. Neuro. Neuro-surg. Psychiatry* , 23, 56-62.
155. **HATFIELD E**. 1992. Primitive emotional contagion. *Review of Personal and Social Psychology*. 14, 151-177.
156. **HATFIELD E**. Cacioppo,j., Rapson R. 1994. *Emotional Contagion*. New York: Cambridge University Press.

157. **HENNENLOTTER A.** Schroeder U, Erhard P, Haslinger B, Stahl R, Weindl A, von Einsiedel HG, Lange KW, Ceballos-Baumann AO. 2004. Neural correlates associated with impaired disgust processing in pre-symptomatic Huntington's disease. *Brain*. 127(Pt 6):1446-53.
158. **HERPERTZ SC,** Werth U, Lukas G, Qunaibi M, Schuerkens A, Kunert HJ, Freese R, Flesch M, Mueller-Isberner R, Osterheider M, Sass H. 2001. Emotion in criminal offenders with psychopathy and borderline personality disorder. *Arch. Gen. Psychiatry*. 58(8):737-45.
159. **HERPERTZ SC.** 2003. Emotional processing in personality disorder. *Curr. Psychiatry Rep.* 5(1):23-7. Review.
160. **HERPERTZ SC,** Mueller B, Qunaibi M, Lichterfeld C, Konrad K, Herpertz-Dahlmann B. 2005. Response to emotional stimuli in boys with conduct disorder. *Am. J. Psychiatry*. 162(6):1100-7.
161. **HOLMES A,** Richards A. Green S. 2006. Anxiety and sensitivity to eye gaze in emotional faces. *Brain. Cogn.*
162. **HORNAK J,** Bramham J, Rolls ET, Morris RG, O'Doherty J, Bullock PR, Polkey CE. 2003. Changes in emotion after circumscribed surgical lesions of the orbitofrontal and cingulate cortices. *Brain*. 126(Pt 7):1691-712. .
163. **IDA GOBBINI M,** Leibenluft E, Santiago N, Haxby JV. 2004. Social and emotional attachment in the neural representation of faces. *Neuroimage*. 22(4):1628-35.
164. **INDERSMITTEN T,** Gur RC. 2003. Emotion processing in chimeric faces: hemispheric asymmetries in expression and recognition of emotions. *J. Neurosci.* 23(9):3820-5.
165. **ISAACOWITZ DM,** Charles ST, Carstensen LL. 2000. Emotion and cognition. In: Salthouse TA, editor. The handbook of aging and cognition. Mahwah, NJ. *Lawrence Erlbaum Associates Inc.* 593–631.
166. **IZARD CE.** 1971. The face of emotion. New York: *Appleton-Century- Crofts*.
167. **IZARD CE.** 1977. Human Emotions, *New-York, Plenum Press*.
168. **IZARD CE.,** Buechler S. 1980. Aspects of consciousness and personality in terms of differential emotions theory. In Plutchik, Kellerman, *Emotion: theory, research, and experience, vol 1,* N-Y, academic Press, 165-187.
169. **IZARD CE.** 1991. The Psychology of Emotions, *New-York, Plenum Press*.

170. **JAMES** W. 1884. What is an emotion? *Mind*, 9, 188-205.
171. **JOHNSTON** PJ, Katsikitis M, Carr VJ. 2001. A generalised deficit can account for problems in facial emotion recognition in schizophrenia. *Biological Psychology* 58 (3), 203–207.
172. **JORGE** RE, Robinson RG, Starkstein SE, Arndt SV. 1993. Depression and anxiety following traumatic brain injury. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 5(4):369-74.
173. **KANO** M, Gyoba J, Kamachi M, Mochizuki H, Hongo M, Yanai K. 2003. Low doses of alcohol have a selective effect on the recognition of happy facial expressions. *Hum Psychopharmacol.* 18(2): 131-9.
174. **KARATEKIN** C, Asarnow RF. 1998 a. Working memory in childhood-onset schizophrenia and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Psychiatry Research* 80, 165–176.
175. **KARATEKIN** C, Asarnow JR. 1998 b. Components of visual search in childhood-onset schizophrenia and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology.* 26, 357–380.
176. **KARATEKIN** C, Asarnow JR. 1999. Exploratory eye movements to pictures in childhood-onset schizophrenia and attention-deficit hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Child Psychology.* 27, 35–49.
177. **KARPAROVA** SP, Kersting A, Suslow T. 2005. Disengagement of attention from facial emotion in unipolar depression. *Psychiatry Clin. Neurosci.* 59(6):723-9.
178. **KATKIN** ES, Wiens S, Ohman A. 2001. Nonconscious fear conditioning, visceral perception, and the development of gut feelings. *Psychol. Sci.* 12 (5): 366-70.
179. **KAY** SR, Fiszbein A, Opler, LA. 1987. The Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS) for schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin* 13 (2), 261– 269.
180. **KEANE** J, Calder AJ, Hodges JR, Young AW. 2002. Face and emotion processing in frontal variant frontotemporal dementia. *Neuropsychologia.* 40: 655–65.
181. **KEE** K, Kern RS, Green MF. 1998. Perception of emotion and neurocognitive functioning in schizophrenia: what's the link? *Psychiatry Research* 81, 57– 65.
182. **KEE** KS, Horan W, Mintz J, Green MF. 2004. Do the siblings of schizophrenia patients demonstrate affect perception deficits? *Schizophrenia Research* 67, 87–94.

183. **KEEDWELL** PA, Andrew C, Williams SC, Brammer MJ, Phillips ML. 2005. The neural correlates of anhedonia in major depressive disorder. *Biol. Psychiatry*. 58(11):843-53.
184. **KERR** SL, Neale JM. 1993. Emotion perception in schizophrenia: specific deficit or further evidence of generalized poor performance? *Journal of Abnormal Psychology* 102, 312–318.
185. **KESSLER** H, Schwarze M, Filipic S, Traue HC, von Wietersheim J. 2006. Alexithymia and facial emotion recognition in patients with eating disorders. *Int. J. Eat. Disorder*. 39(3):245-51.
186. **KILLGORE** **WD**, Yurgelun-Todd DA. 2004. Activation of the amygdala and anterior cingulate during nonconscious processing of sad versus happy faces. *Neuroimage*. 21(4):1215-23.
187. **KIROUAC** G, Doré FY, Gosselin P. 1985. La reconnaissance des expressions faciales émotionnelles. In R.E Tremblay, M.A. Provost, et F.F. Strayer (Eds.). *Éthologie et Développement de l'Enfant*. (pp. 131-147) Paris : Stock.
188. **KNEZ** I, Hygge S. 2001. The circumplex structure of affect: a Swedish version. *Scand. J. Psychol*. 42 (5): 389-98.
189. **KOHLER** CG, Bilker W, Hagendoorn M, Gur RE, Gur RC. 2000. Emotion recognition deficit in schizophrenia: association with symptomatology and cognition. *Biological Psychiatry*. 48, 127– 136.
190. **KOHLER** CG, Turner TH, Bilker WB, Brensinger CM, Siegel SJ, Kanes SJ, Gur RE, Gur RC. 2003. Facial emotion recognition in schizophrenia: intensity effects and error pattern. *American Journal of Psychiatry*. 160, 1768–1774.
191. **KOHLER** CG, Turner T, Stolar NM, Bilker WB, Brensinger CM, Gur RE, Gur RC. 2004. Differences in facial expressions of four universal emotions. *Psychiatry Res*. 128 (3): 235-44.
192. **KOLHER** **CG**, Anselmo-Gallagher G, Bilker W, Karlawish J, Gur R, Clark CM. 2005. Emotion-Discrimination Deficits in Mild Alzheimer Disease. *Am. J. Geriatric. Psychiatry*. 13:11.
193. **KOSSON** DS, Suchy Y, Mayer AR, Libby J. 2002. Facial affect recognition in criminal psychopaths. *Emotion*. 2(4):398-411.

194. **KRYSTAL H.** 1988. Integration and self-healing: Affect, trauma, alexithymia. *Hillsdale, NJ: Analytic Press.*
195. **LABAR KS, Mesulam M, Gitelman DR, Weintraub S.** 2000. Emotional curiosity: modulation of visuospatial attention by arousal is preserved in aging and early-stage Alzheimer's disease. *Neuropsychologia.* 38(13):1734-40.
196. **LABAR KS, Torpey DC, Cook CA, Johnson SR, Warren LH, Burke JR, Welsh-Bohmer KA.** 2005. Emotional enhancement of perceptual priming is preserved in aging and early-stage Alzheimer's disease. *Neuropsychologia.* 43(12):1824-37.
197. **LABARBERA JD, Izard C.E, Vietze P, Parisi SA.** 1976. Four-and six- month-old infants' visual responses to joy, anger, and neutral expressions. *Child Development.* 47, 535-538.
198. **LANE RD, Ahern GL, Schwartz GE, Kaszniak AW.** 1997 a. Is alexithymia the emotional equivalent of blindsight? *Biol. Psychiatry.* 42(9): 834-44. Review.
199. **LANE RD, Reiman EM, Ahern GL, Schwartz GE, Davidson RJ.** 1997 b. Neuroanatomical correlates of happiness, sadness, and disgust. *Am. J. Psychiatry.* 154(7): 926-33.
200. **LANE RD, Sechrest L, Riedel R, Shapiro DE, Kaszniak AW.** 2000. Pervasive emotion recognition deficit common to alexithymia and the repressive coping style. *Psychosom. Med.* 62(4):492-501
201. **LANG PJ.** 1994. The varieties of emotional experience: a meditation on James-Lange theory. *Psychol Rev.* 101(2):211-21.
202. **LAVENU I.** *Thèse de science* Lille 1996
203. **LAVENU, I., Pasquier, F., Lebert, F., Petit, H. et Van Der Linden, M.** 1999. Perception of emotion in frontotemporal dementia and Alzheimer disease. *Alzheimer Disease and Associated Disorders,* 13, 96–101.
204. **LAVENU I, Pasquier F.** 2005. Perception of emotion on faces in frontotemporal dementia and Alzheimer's disease: a longitudinal study. *Dement. Geriatr. Cogn. Disord.* 19(1):37-41.
205. **LEDOUX JE, Sakaguchi A.** 1986. Interruption of projections from the medial geniculate body to an archi neostriatal field disrupts the classical conditioning of emotional responses to acoustic stimuli. *Neurosci.* vol.17, 615-627.

206. **LEDOUX** JE, Iwata J, Cicchetti P, Reis DJ. 1988. Different projections of the central amygdaloid nucleus mediate autonomic and behavioral correlates of conditioned fear. *J. Neurosci.* 8(7):2517-29.
207. **LEDOUX** JE. 1993 a. Emotional memory: in search of systems and synapses. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 702: 149-57. Review.
208. **LEDOUX** JE. 1993 b. Emotional memory systems in the brain. *Behav. Brain Res.* 58(1-2): 69-79. Review.
209. **LEPPANEN** JM, Hietanen JK. 2001. Emotion recognition and social adjustment in school-aged girls and boys. *Scand. J. Psychol.* 42(5): 429-35.
210. **LEPPANEN** JM, Hietanen. J. 2003. Affect and face reconnaissance: odours modulate the recognition advantage of happy faces. *Emotion.* 3(4): 315-26.
211. **LESLIE** KR, Johnson-Frey SH, Grafton ST. 2004. Functional imaging of face and hand imitation: towards a motor theory of empathy. *Neuroimage.* 21(2): 601-7.
212. **LEVIN** DT, Beale JM. 2000. Categorical perception occurs in newly learned faces, other-race faces, and inverted faces. *Percep. Psychophys.* 62:386-401.
213. **LEVIN** HS, Zhang L, Dennis M, Ewing-Cobbs L, Schachar R, Max J, Landis JA, Roberson G, Scheibel RS, Miller DL, Hunter JV. 2004. Psychosocial outcome of TBI in children with unilateral frontal lesions. *J. Int. Neuropsychol. Soc.* 10(3):305-16.
214. **LEWEKE** F, Stark R, Milch W, Kurth R, Schienle A, Kirsch P, Stingl M, Reimer C, Vaitl D. 2004. Patterns of neuronal activity related to emotional stimulation in alexithymia *Psychother. Psychosom. Med. Psychol.* 54(12):437-44. German
215. **LEWIS** M. 2003. The emergence of consciousness and its role in human development. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*
216. **LIDDELL** BJ, Brown KJ, Kemp AH, Barton MJ, Das P, Peduto A, Gordon E, Williams LM. 2005. A direct brainstem-amygdala-cortical 'alarm' system for subliminal signals of fear. *Neuroimage.* 24(1): 235-43.
217. **LOAS** G, Pierson A. 1989. Anhedonia in psychiatry: a review *Ann. Med. Psychol. (Paris).* 147(7):705-17.
218. **LOAS** G, Dhee-Perot P, Chaperot C, Fremaux D, Gayant C, Boyer P. 1998. Anhedonia,

- alexithymia and locus of control in unipolar major depressive disorders. *Psychopathology*. 31 (4): 206-12.
219. **LOAS G**, Noisette C, Legrand A, Boyer P. 2000. Is anhedonia a specific dimension in chronic schizophrenia? *Schizophr. Bull.* 26(2):495-506.
220. **LOCKARD J**. 1980. Studies of human social signals/theory, methods and data. In: *Evolution of human social behaviour*. Edited by Lockard J. Amsterdam: Elsevier. 1-30.
221. **LOUGHLAND**, C.M., Williams, L.M., Gordon, E., 2002 b. Visual scanpaths to positive and negative facial emotions in an outpatient schizophrenia sample. *Schizophrenia Research*. 55, 159–170.
222. **LOUGHLAND** CM, Williams LM, Harris AW. 2004. Visual scanpath dysfunction in first-degree relatives of schizophrenia probands: evidence for a vulnerability marker? *Schizophrenia Research* 67, 11–21.
223. **LUCAS JA**, Ivnik RJ, G.E. S, Bohac DL, Tangalos EG, Kokmen E,. 1998. Normative data for the Mattis Dementia Rating Scale. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*. 20: 536-547.
224. **LURIA AR**, Simernitskaya EG. 1977. Interhemispheric relations and the function of the minor hemisphere. *Neuropsychologia*. 15(1):175-8.
225. **Mac LEAN PD**, 1949. Psychosomatic disease and the visceral brain; recent developments bearing on the Papez theory of emotion. *Psychosom. Med.* 11(6): 338-53.
226. **Mac LEAN PD**, 1972. Cerebral evolution and emotional processes: new findings on the striatal complex. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 193: 137-49. Review.
227. **MALATESTA CZ**, Izard C, Culver C, Nicolich M. 1987. Emotion communication skills in young, middle-aged, and older women. *Psychology and Aging*. 2:193–203.
228. **MANDAL MK**, Pandey R, Prasad AB. 1998. Facial expressions of emotions and schizophrenia: a review. *Schizophrenia Bulletin*. 24, 399–412.
229. **MARCOS T**, SALAMERO M. 1990. Factor Study of the Hamilton Rating Scale for Depression and the Bech Melancholia Scale. *Acta. Psychiatr. Scand.* 82, 178-181.

230. **MARKOWITSCH** HJ, Calabrese P, Wurker M, Durwen HF, Kessler J, Babinsky R, Brechtelsbauer D, Heuser L, Gehlen W. 1994. The amygdala's contribution to memory--a study on two patients with Urbach-Wiethe disease. *Neuroreport*. 5(11): 1349-52.
231. **MATTIS**, S. 1976. Mental status examination for organic mental syndrome in elderly patients. *Grune et Stratton*. New York. NY.
232. **MAX** JE, Levin HS, Schachar RJ, Landis J, Saunders AE, Ewing-Cobbs L, Chapman SB, Dennis M. 2006. Predictors of personality change due to traumatic brain injury in children and adolescents six to twenty-four months after injury. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 18(1):21-32
233. **MAYER** JD, DiPaolo M, Salovey P. 1990. Perceiving affective content in ambiguous visual stimuli: a component of emotional intelligence. *J. Pers. Assess.* 54(3-4):772-81.
234. **MC KEITH** I, Mintzer J, Aarsland D, Burn D, Chiu H, Cohen-Mansfield J, Dickson D, Dubois B, Duda JE, Feldman H, Gauthier S, Halliday G, Lawlor B, Lippa C, Lopez OL, Carlos Machado J, O'Brien J, Playfer J, Reid W; 2004. International Psychogeriatric Association Expert Meeting on DLB. Dementia with Lewy bodies. *Lancet Neurol.* 3(1):19-28. Review.
235. **Mc KHANN** G, Drachman D, Folstein M, Katzman R, Price D, Stadlan EM. 1984. Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: report of the NINCDS-ADRDA Work Group under the auspices of Department of Health and Human Services Task Force on Alzheimer's disease. *Neurology.* 34 (7):939-44.
236. **MELLOR K**, Dagnan D. 2005. Exploring the concept of alexithymia in the lives of people with learning disabilities. *J. Intellect. Disabil.* 9(3):229-39.
237. **MESSULAM** MM, V. H. G., Pandya DN and Geschwind N. 1977. Limbic and sensory connections of the IPL in the rhesus monkey. *Brain research.* 136: 393-414.
238. **MESULAM** MM. 2001. Primary progressive aphasia. *Ann. Neurol.* 49 (4):425-32. Review.
239. **MEYER** W-U. 1988. Die Rolle von Überraschung in Attributions prozess. *Psychologische Rundschau*, 39, 136-147
240. **MEYER** W-U., Niepel M., Rudolph U. et Schützwôhl A. 1991. An experimental analysis of surprise. *Cognition and Emotion*, 5, 295-311

241. **MEYER** W-U., Niepel M., Rudolph U. et Schützwohl A. 1994. Überraschung und Attribution. in Fôrsterling, F., Stiensmeier-Pelster, *Attributionstheorie*, Göttingen: Hofgreffe, 105-121.
242. **MEYER** W-U., Reizenzein R., Schützwohl A. 1997. Toward a Process Analysis of Emotions: The case of surprise. *Motivation and Emotion*, 21, 3, 251-274.
243. **MIKHAILOVA** ES, Vladimirova TV, Iznak AF, Tsusulkovskaya EJ, Sushko NV. 1996. Abnormal recognition of facial expression of emotions in depressed patients with major depression disorder and schizotypal personality disorder. *Biological Psychiatry*. 40, 697–705.
244. **MONTAGUE** DP, WA. A. 2001. Peekaboo: a new look at infants' reconnaissance of emotion expressions. *Dev. Psychol.* 37(6): 826-38.
245. **MONTAGUE** DR, Walker-Andrews AS. 2002. Mothers, fathers, and infants: the role of person familiarity and parental involvement in infants' perception of emotion expressions. *Child. Dev.* 73(5): 1339-52.
246. **MORENO** C, Borod JC, Welkowitz J, Alpert M. 1993. The perception of facial emotion across the adult life-span. *Developmental Neuropsychology*. 9: 305–14.
247. **MORRIS** JS, Frith CD, Perrett DI, Rowland D, Young AW, Calder AJ, et al. 1996. A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions. *Nature*. 383:812–5.
248. **MOUNTCASTLE** V, 1977. Philip Bard 1898-1977. *Johns Hopkins Med. J.* 141 (6): 296-8.
249. **MUESER** KT, Doonan R, Penn DL, Blanchard JJ, Bellack AS, Nishith P. 1996. Emotional recognition and social competence in chronic schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology* 105, 271–275.
250. **MURPHY** D, Cutting J. 1990. Prosodic comprehension and expression in schizophrenia. *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*. 53, 727– 730.
251. **NAHM** FK, Tranel D, Damasio H, Damasio AR. 1993. Cross-modal associations and the human amygdala. *Neuropsychologia*. 31(8): 727-44.

252. **NIEMI** LT, Suvisaari JM, Tuulio-Henriksson A, Lonnqvist JK. 2003. Childhood developmental abnormalities in schizophrenia: evidence from high-risk studies. *Schizophrenia Research*. 60, 239–258.
253. **NOVIC** J, Luchins DJ, Perline R. 1984. Facial affect recognition in schizophrenia. Is there a differential deficit? *British Journal of Psychiatry*. 144, 533– 537.
254. **O' BRIEN** KP, GLAUDIN V. 1988. Factorial structure and factor reliability of the Hamilton Rating Scale for depression. *Acta. Psychiatr. Scand*. 78, 113-120.
255. **OATLEY** K, Johnson-Laird PN. 1987. Towards a cognitive theory of emotion. *Cognition and emotion*. 1 : 29-50.
256. **ODOM** R, Lemond C. 1973. Developmental differences in the perception and production of facial expressions. *Child Development*, 43, 359-369.
257. **ØIE** M, Sundet K, Rund BR. 1999. Contrasts in memory functions between adolescents with schizophrenia or ADHD. *Neuropsychologia*. 37, 1351–1358.
258. **OLIVER** RL. 1989. Processing of the Satisfaction Response in Consumption, *Journal of Consumer Satisfaction/dissatisfaction and Complaining behaviour*. 2, 1-26.
259. **OLIVER** RL, Rust RT, Varki, S. 1997. Customer Delight: Foundations, Findings and Managerial Insight, *Journal of Retailing*, 73, 3, 311-336.
260. **ORTONY** A, Turner TJ. 1990. What's basic about basic emotions? *Psychological Review*, 97, 315-331.
261. **ORTONY** A, Clore GL. Collins 1988. *The Cognitive Structure of Emotions*, Cambridge University Press. Patterson, E. (1930), « A qualitative and quantitative study of the emotion of surprise », *Psychol. Monogr*. 40, 85-108.
262. **PANKSEPP** J. 1982. Toward a general psychobiological theory of emotions. *The Behavioral and Brain Sciences*. 5, 407-467.
263. **PANKSEPP** J. 1989 a. The neurobiology of emotions: Of animal brains and human feelings. In *T. Manstead et H. Wagner* (Eds.) *Handbook of Psychophysiology*, pp 5-26, Chichester, UK: John Wiley et Sons.

264. **PANKSEPP J.** 1989 b. The psychobiology of emotions: The animal side of human feelings. In *G. Gainotti et C. Caltagirone* (Eds). *Emotions and the dual brain: Experimental Brain Research Series*. 18, pp. 31-55, Berlin: Springer-Verlag.
265. **PAPEZ JW.** 1995. A proposed mechanism of emotion, 1937. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci.* 7(1):103-12.
266. **PASUPATHI M.** 1999. Age differences in response to conformity pressure for emotional and non emotional material. *Psychol. Aging.* 14(1):170-4.
267. **PENN DL,** Combs DR, Ritchie M, Francis J, Cassisi J, Morris S. 2000. Emotion recognition in schizophrenia: further investigation of generalized versus specific deficit models. *Journal of Abnormal Psychology.* 109, 512–516.
268. **PETTY RG,** Bonner D, Mouratoglou V, Silverman M. 1996. Acute frontal lobe syndrome and dyscontrol associated with bilateral caudate nucleus infarctions. *Br. J. Psychiatry.* 168(2): 237-240.
269. **PHAM TH,** PP, Rime B. 2000. Subjective and autonomic responses to emotion induction in psychopaths. *Encephale.* 26(1):45-51.
270. **PHAN KL,** Wager T, Taylor SF, Liberzon I. 2002. Functional neuroanatomy of emotion: a meta-analysis of emotion activation studies in PET and fMRI. *Neuroimage.* 16, 331–348.
271. **PHILLIPS ML,** Young AW, Senior C, Brammer M, Andrew C, Calder AJ, et al. 1997. A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. *Nature.* 389: 495–8.
272. **PHILLIPS ML,** Young AW, Scott SK, Calder AJ, Andrew C, Giampietro V, 1998. Neural responses to facial and vocal expressions of fear and disgust. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences.* 265: 1809–17.
273. **PHILLIPS L,** MacPherson S, Della Sala S. 2002 a. Age, cognition and emotion: the role of anatomical segregation frontal lobes. In: Grafman J, editor. *Handbook of neuropsychology. The frontal lobes*, vol. 7, 2nd Ed. Amsterdam: Elsevier; 73–97.
274. **PHILLIPS LH,** MacLean RD, Allen R. 2002 b. Age and the understanding of emotions: neuropsychological and sociocognitive perspectives. : *J. Gerontol. B. Psychol Sci.* 57 (6): 526-30.

275. **PHILLIPS** ML, Williams LM, Heining M, Herba CM, Russell T, Andrew C, Bullmore ET, Brammer MJ, Williams SC, Morgan M, Young AW, Gray JA. 2004. Differential neural responses to overt and covert presentations of facial expressions of fear and disgust. *Neuroimage*. 21(4): 1484-96.
276. **PICHOT P**, Pull CB, Von Frenckell R. Pull MC. 1981. Une analyse factorielle de l'échelle d'appréciation de l'anxiété de Hamilton. *Psychiat. Fennica*. International Edition. 183-189.
277. **PLUTCHIK** R. 1962. The emotions: facts, theories, and a new model. New York: *Random House*.
278. **PLUTCHIK** R. 1967. A critique of Determinants of Emotional State by Schachter and Singer (1962). *Psychophysiology*. 4 (1): 79-82.
279. **PLUTCHIK** R. 1980 a. *Emotion: Theory, Research and Experience, vol 4, The measurement of emotions*, London, Academic Press.
280. **PLUTCHIK** R. 1980 b. A general psycho evolutionary theory of emotion. In R. Plutchik et H. Kellerman (Eds.), *Emotion: Theory, research, and experience: Vol. 1. Theories of emotion* (pp. 3-33). New York: Academic.
281. **PLUTCHIK** R. 1980 c. Emotion: a psycho evolutionary synthesis. New York: Harper and Row.
282. **POOLE** JH, Tobias FC, Vinogradov S. 2000. The functional relevance of affect recognition errors in schizophrenia. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 6, 649-658.
283. **PREMACK** D, Woodruff G. 1978. Does the chimpanzee have a theory of mind? *Behav. Brain Sci*. 1: 515-526.
284. **PROTOPODESCU** X, Pan H, Tuescher O, Cloitre M, Goldstein M, Engeli W, Epstein J, Yang Y, Gorman J, LeDoux J, Silbersweig D, Stern E. 2005. Differential time courses and specificity of amygdala activity in posttraumatic stress disorder subjects and normal control subjects. *Biol. Psychiatry*. 57(5): 464-73.
285. **RAINE** A, Buchsbaum M, LaCasse L. 1997. Brain abnormalities in murderers indicated by positron emission tomography. *Biol. Psychiatry*. 42(6):495-508.
286. **RAINE** A, Phil D, Stoddard J, Bihle S, Buchsbaum M. 1998. Prefrontal glucose deficits in

- murderers lacking psychosocial deprivation. *Neuropsychiatry. Neuropsychol. Behav. Neurol.* 11(1):1-7.
287. **RAINE A**, Lencz T, Bihrlé S, LaCasse L, Colletti P. 2000. Reduced prefrontal gray matter volume and reduced autonomic activity in antisocial personality disorder. *Arch. Gen. Psychiatry.* 57(2):119-27; discussion 128-9.
288. **RAZ N**. 2000. Aging of the brain and its impact on cognitive performance: integration of structural and functional findings. In: Salthouse TA, editor. *The handbook of aging and cognition.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc. 1–90.
289. **RE S**. 2003. Facial expression in severe dementia. *Z. Gerontol. Geriatr.* 36 (6):447-53.
290. **RECORDATI G**. 1984. The functional role of the visceral nervous system. A critical evaluation of Cannon's "homeostatic" and "emergency" theories. *Arch. Ital. Biol.* 122(3):248-67
291. **REILLY JS**, Bellugi U. 1996. Competition on the face: affect and language in ASL motherese. *Child. Lang.* 23(1):219-39.
292. **REISENZEIN R**, Meyer WU Schützwohl A. 1996. Reactions to surprising events: a paradigm for emotion research. *Proceedings of the 9th conference of the International Society for Research on Emotions*, Toronto: ISRE, pp. 292-296.
293. **REISENZEIN R**. 1998 a. Exploring the strength of association between the components of emotion syndrome: the case of surprise, unpublished manuscript, University of Bielenfeld, Germany.
294. **REISENZEIN R**, et Bördgen S. 1998 b, Evidence for strong dissociation between emotion and facial display: the case of surprise, unpublished manuscript, University of Bielenfeld, Germany.
295. **RIBOT T**. 1896. *La psychologie des sentiments.* Paris: Félix Alcan.
296. **RICHARDS A**, French CC, Calder AJ, Webb B, Fox R, Young AW. 2002. Anxiety-related bias in the classification of emotionally ambiguous facial expressions. *Emotion.* 2 (3):273-87.
297. **ROSS ED**. 1981 a. The aprosodias. Functional-anatomic organization of the affective components of language in the right hemisphere. *Arch. Neurol.* 38(9):561-9.

298. **ROSS** ED, Harney JH, deLacoste-Utamsing C, Purdy PD. 1981 b. How the brain integrates affective and propositional language into a unified behavioral function. Hypothesis based on clinicoanatomic evidence. *Arch. Neurol.* 38(12): 745-8.
299. **ROSS** ED. 1993. Nonverbal aspects of language. *Neurol. Clin.* 11(1):9-23.
300. **ROSS** ED, Thompson RD, Yenkosky J. 1997. Lateralization of affective prosody in brain and the callosal integration of hemispheric language functions. *Brain. Lang.* 56(1):27-54.
301. **ROSSIGNOL** M, Philippot P, Douilliez C, Crommelinck M, Campanella S. 2005. The perception of fearful and happy facial expression is modulated by anxiety: an event-related potential study. *Neurosci. Lett.* 377(2):115-20.
302. **RUMELHART** DE. 1984. Schemata and the cognitive system , in R.S. Wyer, Jr et TK Srull, *Hanbook of social cognition, vol 1*, Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum Associates Inc, 161-188.
303. **RUMELHART** DE, Smolensky P, Mc Clelland JL, Hinton GE. 1986. Schemata and sequential thought processes in PDP models, In Mc Clelland, Rumelhart and the PDP research Group, *Parallel distributed processing. Psychological and biological models*, Cambridge, Mass, MIT Press, 7-57.
304. **RUSSELL** JA. A circumplex model of affect. *J. Personal Social Psychol.* 1980; 39: 1161-78.
305. **SACHS** G, Steger-Wuchse D, Kryspin-Exner I, Gur RC, Katschnig H. 2004. Facial recognition deficits and cognition in schizophrenia. *Schizophrenia Research.* 68, 27-35.
306. **SALEM** JE, Kring AM, Kerr SL. 1996. More evidence of generalized poor performance in facial emotion perception in schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology.* 105, 480-483.
307. **SALOVEY** P, Mayer JD, et Caruso D. 2002. The positive psychology of emotional intelligence. In C.R. Snyder et S.J. Lopez (Eds.), *The handbook of positive psychology* (pp. 159-171). New York: Oxford University Press
308. **SANDER K**, Brechmann A, Scheich H. 2003. Audition of laughing and crying leads to right amygdala activation in a low-noise fMRI setting. *Brain Res. Brain. Res. Protoc.* 11(2):81-91.

309. **SATO** W, Kubota Y, Okada T, Murai T, Yoshikawa S, Sengoku A. 2002. Seeing happy emotion in fearful and angry faces: qualitative analysis of facial expression recognition in a bilateral amygdala-damaged patient. *Cortex*. 38(5):727-42.
310. **SATO** W, Kochiyama T, Yoshikawa S, Naito E, Matsumura M. 2004 a. Enhanced neural activity in response to dynamic facial expressions of emotion: an fMRI study. *Brain Res. Cogn.* 20(1):81-91.
311. **SATO** W, Yoshikawa S, Kochiyama T, Matsumura M. 2004 b. The amygdala processes the emotional significance of facial expressions: an fMRI investigation using the interaction between expression and face direction. *Neuroimage*. 22(2):1006-13.
312. **SCHACHTER** S, Singer J. 1962. Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychol Rev* 69: 379-99.
313. **SCHERER** KR. 1984. On the nature and function of emotion: a component process approach, In Scherer, Ekman, *Approaches to emotion*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Inc, 293-317.
314. **SCHMIDT R**, Freidl W, Fazekas F, Reinhart B, Greishofer P, Koch M. 1994. The Mattis Dementia Rating Scale normative data from 1001 healthy volunteers. *Neurology*. 44: 964-966.
315. **SCHNEIDER** F, Weiss U, Kessler C, Salloum JB, Posse S, Grodd W. 1998. Differential amygdala activation in schizophrenia during sadness. *Schizophrenia Research*. 34, 133-142.
316. **SCHNEIDER** BA, Pichora-Fuller MK. 2000. Implications of perceptual deterioration for cognitive aging research. In: Salthouse TA, editor. *The handbook of aging and cognition*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
317. **SCHÜTZWOHL** A. 1998. Surprise and Schema Strength, *Journal of Experimental Psychology, Learning, Memory and Cognition*, vol. 24, 5, 1182-1199.
318. **SCOTT** SK, Young AW, Calder AJ, Hellawell DJ, Aggleton JP, Johnson M. 1997. Impaired auditory recognition of fear and anger following bilateral amygdala lesions. *Nature*. 385(6613): 254-7.
319. **SHEEHAN** DV, Lecrubier Y, Sheehan KH, Amorim P, Janavs J, Weiller E, Hergueta T, Baker R, Dunbar GC. 1998. The Mini-International Neuropsychiatric Interview (M.I.N.I.):

- the development and validation of a structured diagnostic psychiatric interview for DSM-IV and ICD-10. *J. Clin. Psychiatry*. 59 Supl. 20:22-33.
320. **SHIMOKAWA A**, Yatomi N, Anamizu S, Torii S, Isono H, Sugai Y, Kohno M. 2001. Influence of deteriorating ability of emotional comprehension on interpersonal behavior in Alzheimer-type dementia. *Brain Cogn*. 47 (3):423-33.
321. **SHIMOKAWA A**, Yatomi N, Anamizu S, Torii S, Isono H, Sugai Y. 2003. Recognition of facial expressions and emotional situations in patients with dementia of the Alzheimer and vascular types. *Dement Geriatr. Cogn. Disord*. 15 (3):163-8.
322. **SHIPLEY MT** 1974. Presubiculum afferents to the entorhinal area and the Papez circuit. *Brain Res*. 67 (1) : 162-8
323. **SIEBERT M**, Bartel MH. 2003. Amygdala, affect and cognition: evidence from 10 patients with Urbach-Wiethe disease. *Brain*. 126(Pt 12): 2627-37.
324. **SIFNEOS PE**. 1987. Anhedonia and alexithymia: A potential correlation. In D. C. Clark et J. Fawcett (Eds.), *Anhedonia and affect deficit states*. 119-127. New York: PMA Publishing Corporation.
325. **SNOWDEN JS**, Neary D. 1993. Progressive language dysfunction and lobar atrophy. *Dementia*. 4 (3-4):226-31.
326. **SPITZER C**, Siebel-Jurges U, Barnow S, Grabe HJ, Freyberger HJ. 2005. Alexithymia and interpersonal problems. *Psychother. Psychosom*. 74(4): 240-6.
327. **SPRENGELMEYER R**, Young AW, Calder AJ, Karnat A, Lange H, Hômborg V, 1996. Loss of disgust-perception of faces and emotions in Huntington's disease. *Brain*. 119: 1647-65.
328. **SPRENGELMEYER R**, Young AW, Pundt I, Sprengelmeyer A, Calder AJ, Berrios G, 1997. Disgust implicated in obsessive-compulsive disorder. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*. 264:1767-73.
329. **SPRENGELMEYER R**, Rausch M, Eysel UT, Przuntek H. 1998. Neural structures associated with recognition of facial expressions of basic emotions. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*. 265:1927-31.
330. **SPRENGELMEYER R**, Young AW, Schroeder U, Grossenbacher PG, Federlein J, Büttner T,

- et al. 1999. Knowing no fear. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*. 266:2451-6.
331. **STARKSTEIN** SE, Robinson RG, Price TR. 1987. Comparison of cortical and subcortical lesions in the production of poststroke mood disorders. *Brain*. 110 (Pt 4): 1045-59.
332. **STARKSTEIN** SE, Robinson RG. 1989 a. Affective disorders and cerebral vascular disease. *Br. J. Psychiatry*. 154:170-82.
333. **STARKSTEIN** SE, Robinson RG, Honig MA, Parikh RM, Joselyn J, Price TR. 1989 b. Mood changes after right-hemisphere lesions. *Br. J. Psychiatry*. 155:79-85.
334. **STARKSTEIN** SE, Cohen BS, Fedoroff P, Parikh RM, Price TR, Robinson RG. 1990. Relationship between anxiety disorders and depressive disorders in patients with cerebrovascular injury. *Arch. Gen. Psychiatry*. 47(3):246-51.
335. **STARKSTEIN** SE, Bryer JB, Berthier ML, Cohen B, Price TR, Robinson RG. 1991. Depression after stroke: the importance of cerebral hemisphere asymmetries. *J. Neuropsychiatry Clin. Neurosci*. 3(3):276-85.
336. **SPRENGELMEYER** R, Young AW, Mahn K, Schroeder U, Voitalla D, Buttner T, Kuhn W, Przuntek H. 2003. Facial expression recognition in people with medicated and unmedicated Parkinson's disease. *Neuropsychologia*. 41(8): 1047-57.
337. **STERZER** P, Stadler C, Krebs A, Kleinschmidt A, Poustka F. 2005. Abnormal neural responses to emotional visual stimuli in adolescents with conduct disorder. *Biol. Psychiatry*. 57(1): 7-15.
338. **STEVENAGE** VS. 1998. Which twin are you? A demonstration of induced categorical perception of identical twin faces. *Br. J. Psychol*. 89: 39-57.
339. **STEVENS** D, Charman T, Blair RJ. 2001. Recognition of emotion in facial expressions and vocal tones in children with psychopathic tendencies. *J. Genet. Psychol*. 162(2):201-11.
340. **STIENSMEIER-PELSTER** J., Martini A. et Reisenzein R 1995. The role of surprise in the attribution process. *Cognition and Emotion*. 9, 5-31.
341. **STIFTER** C., et Fox, N. 1986. Preschool children's ability to identify and label emotions. *Journal of Nonverbal Behavior*. 10, 255-266.

342. **STONE** A, Valentine T, Davis R. 2001. Face recognition and emotional valence: processing without awareness by neurologically intact participants does not simulate covert recognition in prosopagnosia. *Cogn. Affect. Behav. Neurosci.* 1(2): 183-91.
343. **STRAUSS** MM, Makris N, Aharon I, Vangel MG, Goodman J, Kennedy DN, Gasic GP, Breiter HC. 2005. fMRI of sensitization to angry faces. *Neuroimage.* 26(2):389-413.
344. **STREIT**, M., Wölwer, W., Gaebel, W., 1997. Facial-affect recognition and visual scanning behaviour in the course of schizophrenia. *Schizophrenia Research.* 24, 311–317.
345. **SURCINELLI** P, Codispoti M, Montebanocci O, Rossi N, Baldaro B. 2006. Facial emotion recognition in trait anxiety. *J. Anxiety Disord.* 20 (1):110-7.
346. **SURGULADZE S**, Brammer MJ, Keedwell P, Giampietro V, Young AW, Travis MJ, Williams SC, Phillips ML. 2005. A differential pattern of neural response toward sad versus happy facial expressions in major depressive disorder. *Biol. Psychiatry.* 57(3):201-9.
347. **SUZUKI A**, Hoshino T, Shigemasu K, Kawamura M. 2006. Disgust-specific impairment of facial expression recognition in Parkinson's disease. *Brain.* 129(Pt 3):707-17.
348. **TAYLOR**, G. J., Bagby, R. M., et Parker, J. D. A. 1997. Disorders of affect regulation. Alexithymia. *In medical and psychiatric illness.* Cambridge: Cambridge University Press
349. **TOMKINS** S. 1962. Affect, imagery, consciousness. Springer, New York.
350. **TOMPKINS** CA, Flowers CR. 1985. Perception of emotional intonation by brain-damaged adults: the influence of task processing levels. *J. Speech. Hear. Res.*
351. **TRANEL** D, Hyman BT. 1990. Neuropsychological correlates of bilateral amygdala damage. *Arch. Neurol.* 47(3): 349-55.
352. **TREMBLAY**, C., Kirouac, G., et Doré, F.Y. 1987. The recognition of adults' and children's facial expressions of emotion. *Journal of Psychology*, 121, 341-350.
353. **TREVARTHEN C.** 1985. Facial expressions of emotion in mother-infant interaction. *Hum. Neurobiol.* 4(1):21-32.
354. **TUCKER** DM, Stenslie CE, Roth RS, Shearer SL. 1981 a. Right frontal lobe activation and right hemisphere performance. Decrement during a depressed mood. *Arch. Gen. Psychiatry.* 38(2):169-74.

355. **TUCKER** DM. 1981 b. Lateral brain function, emotion, and conceptualization. *Psychol. Bull.* 89(1):19-46.
356. **VAKALOPOULOS C.** 2005. Neural correlates of consciousness: a definition of the dorsal and ventral streams and their relation to phenomenology. *Med. Hypotheses.* 65(5):922-31.
357. **VAN HOESEN,** GW. 1997. Ventromedial temporal lobe anatomy, with comments on Alzheimer's disease and temporal injury. *Journal of Neuropsychiatry,* 9, 331–341.
358. **VANHAMME** J. Lindgreen A., Brodie R. 1999 a. Relationship Marketing: Can surprise be used as a weapon for retaining Customers? *proceedings of the Conference of the Australia and New Zealand Marketing Academy,* The University of New South Wales, Sidney, Australia.
359. **VANHAMME** J. 1999 b. La surprise comme outil marketing: application à une expérience d'achat », *Unpublished master thesis.* Belgium: Faculty of Psychology, Université Catholique de Louvain.
360. **VANHAMME** J. 2000. The link between surprise and satisfaction: an exploratory research on how best to measure surprise. *Journal of Marketing Management,* vol 16, pp. 565-582.
361. **VIANNA** MR, Coitinho AS, Izquierdo I. 2004. Role of the hippocampus and amygdala in the extinction of fear-motivated learning. *Curr. Neurovasc. Res.* 1(1): 55-60.
362. **VOGT BA,** Laureys S. 2005. Posterior cingulate, precuneal and retrosplenial cortices: cytology and components of the neural network correlates of consciousness. *Prog. Brain Res.* 150: 205-17.
363. **WALKER** E, Marwit SJ, Emory E. 1980. A cross-sectional study of emotion recognition in schizophrenics. *Journal of Abnormal Psychology.* 89, 428–436.
364. **WALKER** E, Maguire M, Bettes B. 1984. Recognition and identification of facial stimuli by schizophrenics and patients with affective disorders. *British Journal of Clinical Psychology.* 23 (10), 37–44.
365. **WARREN** HC. 1920. *Human Psychology,* Boston: Houghton Mifflin.
366. **WEBSTER** MA, Kaping D, Mizokami Y, Duhamel P. 2004. Adaptation to natural facial categories. *Nature.* 428 (6982): 557-61.

367. **WESTBROOK** RA, et Oliver RL. 1991. The Dimensionality of Consumption Emotion Patterns and Consumer Satisfaction. *Journal of Consumer Research*. 18 (1), 84-91.
368. **WHALEN** PJ, Rauch SL, Etcoff NL, McInerney SC, Lee MB, Jenike MA. 1998. Masked presentations of emotional facial expressions modulate amygdala activity without explicit knowledge. *Journal of Neuroscience*. 18: 411-8.
369. **WILDE** EA, Hunter JV, Newsome MR, Scheibel RS, Bigler ED, Johnson JL, Fearing MA, Cleavinger HB, Li X, Swank PR, Pedroza C, Roberson GS, Bachevalier J, Levin HS. 2005. Frontal and temporal morphometric findings on MRI in children after moderate to severe traumatic brain injury. *J. Neurotrauma*. 22(3):333-44.
370. **WILLIAMS J.** 1988. A structured interview guide for the Hamilton Depression Rating Scale. *Arch. Gen. Psychiatry*. 45, 742-747.
371. **WILLIAMS** LM, Das P, Harris AW, Liddell BB, Brammer MJ, Olivieri G. 2004. Dysregulation of arousal and amygdala-prefrontal systems in paranoid schizophrenia. *American Journal of Psychiatry*. 161, 1-10.
372. **WILLIAMS** LM, Das P, Liddell B, Olivieri G, Peduto A, Brammer MJ. 2005. BOLD, sweat and fears: fMRI and skin conductance distinguish facial fear signals. *Neuroreport*. 16, 49-52.
373. **WÖLWER** W, Streit M, Polzer U, Gaebel W, 1996. Facial affect recognition in the course of schizophrenia. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*. 246, 165-170.
374. **WONG** B, Cronin-Golomb A, Nearing S. 2005. Patterns of visual scanning as predictors of emotion identification in normal aging. *Neuropsychology*. 19(6):739-49)
375. **WOODWORTH** RS, Schlosberg H. 1954. Experimental psychology, revised edition. New York: Holt.
376. **WRIGHT** CI, Martis B, McMullin K, Shin LM, Rauch SL. 2003. Amygdala and insular responses to emotionally valenced human faces in small animal specific phobia. *Biol. Psychiatry*. 54(10): 1067-76.
377. **WRIGHT P**, Liu Y. 2006. Neutral faces activate the amygdala during identity matching. *Neuroimage*. 29(2): 628-36

378. **YOUNG** AW, Rowland D, Calder AJ, Etcoff NL, Seth A, Perrett DI. 1997. Facial expression mega mix: tests of dimensional and category accounts of emotion recognition. *Cognition*. 63, 271-313.
379. **YOUNG-BROWNE** G, Rosenfeld HM, Horowitz FD. 1977. Infant discrimination of facial expressions. *Child Dev*. 48: 555–62.
380. **ZONNEVIJLLE-BENDER MJ**, van Goozen SH, Cohen-Kettenis PT, van Elburg A, van Engeland H. 2002. Do adolescent anorexia nervosa patients have deficits in emotional functioning? *Eur. Child. Adolesc. Psychiatry*. 11(1): 38-42.
381. **ZUCKERMAN M, PRZEWUZMAN S**. 1979. Decoding and encoding facial expressions in preschool-age children. *Environmental Psychology and Nonverbal Behavior*. 3: 147-163.

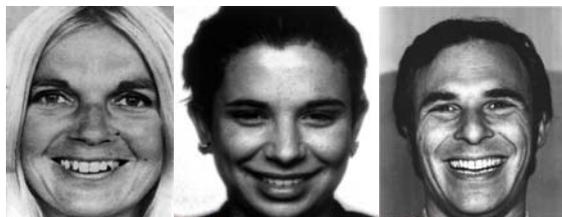
## ANNEXE 1



**La colère**



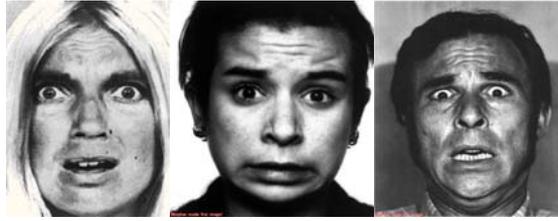
**Le dégoût**



**La joie**



**La neutralité**



**La peur**



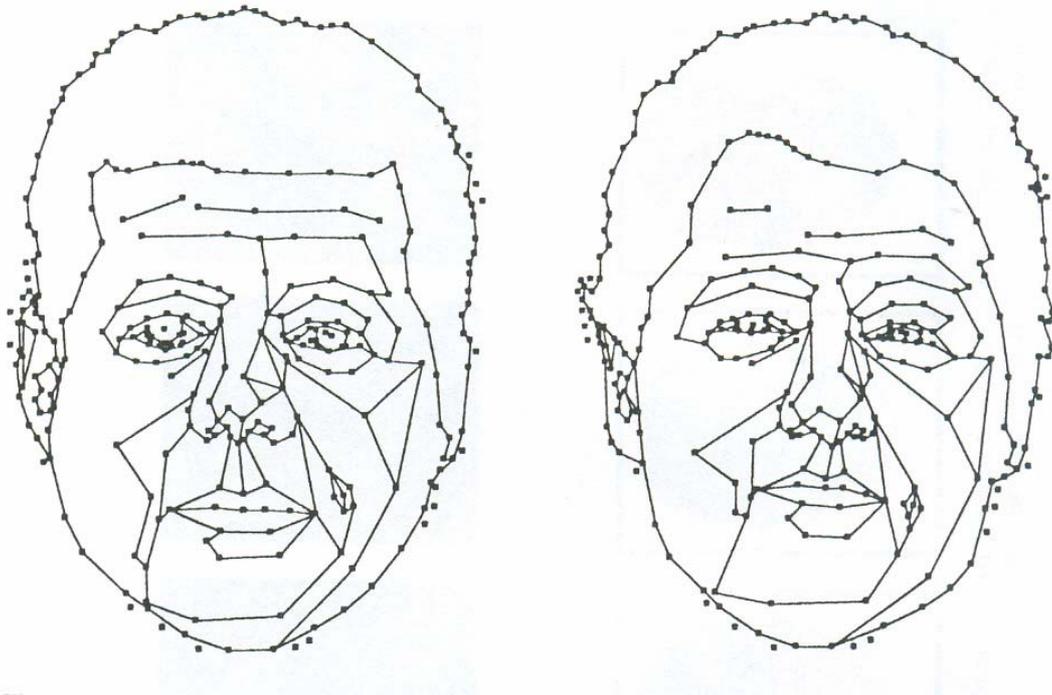
**La surprise**



**La tristesse**

*L'ensemble des visages et des émotions utilisés pour générer les séries émotionnelles.*

## ANNEXE 2



*Morphing entre Kennedy et Clinton qui a nécessité 300 points homologues. D'après, Beale et Keil (1995)*

## ANNEXE 3



N°1, N°2, N°3, N°4, N°5, N°6, N°7, N°8, N°9,



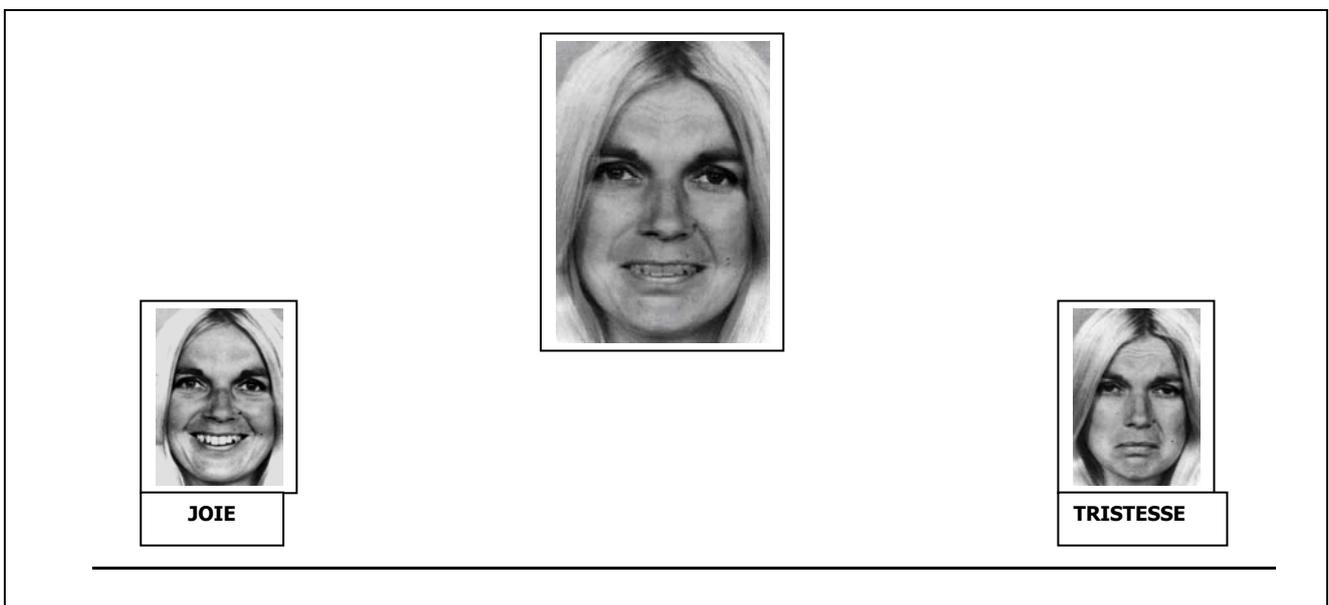
N°10



N°11, N°12, N°13, N°14, N°15, N°16, N°17, N°18, N°19.

*Série émotionnelle joie – tristesse créée avec le principe des images intermédiaires à partir des images canoniques 1 et 19.*

## ANNEXE 4



*Situation d'expérimentation, le sujet doit choisir l'image de gauche ou de droite à laquelle il identifie l'image centrale.*

## ANNEXE 5

# CATEGORICAL EFFECTS IN THE PERCEPTION OF FACIAL EXPRESSIONS; MARIE. A SIMPLE AND DISCRIMINATING CLINICAL TOOL

Raymond Bruyer et Philippe Granato *European Review of Applied Psychology*, 1<sup>st</sup> trimestre, vol. 49, n° 1, pp. 3-10 ; 1999.

### 1.1. RESUME

Exposé à un très grand nombre de stimulations, le système perceptif simplifie l'information et procède de manière catégorielle : il considère comme équivalents des stimuli appartenant à une même catégorie, ce qui réduit la charge en mémoire. Toutefois, jusqu'il y a peu, cette perception catégorielle n'était établie que pour des stimuli à une seule dimension (la longueur d'onde de la lumière, c'est-à-dire la couleur), ou des stimuli à plusieurs dimensions connues dont on ne manipulait qu'une seule dimension (les phonèmes). Les développements modernes de l'informatique permettent à présent de faire varier le long d'un continuum des stimuli multidimensionnels en manipulant toutes les dimensions à la fois ; on peut même effectuer cette opération lorsque les dimensions ne sont pas connues a priori, comme dans le cas des visages.

Quelques études récentes ont mis en évidence une perception catégorielle des visages, qu'il s'agisse de leur identité ou de leur expression émotionnelle. Ainsi, par les techniques de morphing, on peut transformer progressivement un visage en un autre, ou une expression en une autre, en mélangeant les deux images originales. On peut alors présenter des visages «chimériques» ou intermédiaires au sujet, et lui demander d'indiquer ce qu'il reconnaît. Ce dispositif expérimental a révélé le phénomène de catégorisation, c'est-à-dire une fonction-seuil ou sigmoïdale dans les performances : le sujet reconnaît la catégorie (identité ou expression) A jusqu'à un certain degré

de mélange, puis la catégorie B au delà de ce niveau de mélange. Une courte zone d'incertitude sépare les deux régions, et le sujet ne discrimine pas (ou peu) les différents mélanges qu'il classe dans une même catégorie.

Cette technique a été appliquée dans la présente recherche, confirmant la nature catégorielle de la perception des expressions faciales émotionnelles. L'étude montre en outre que l'analyse des paramètres définissant la nature catégorielle du traitement, de même que les frontières entre les catégories, peuvent varier selon les expressions étudiées et selon l'âge des sujets. Nous proposons ainsi un instrument d'utilisation simple et qui semble capable de déceler de subtils effets du vieillissement sur les processus cognitifs.

Des stimuli chimériques ont été construits sous la forme de transitions progressives entre une expression faciale et une autre, produite par un même visage. Dix-sept images chimériques étaient préparées entre les deux stimuli de référence (en prenant 169 repères anatomiques sur chaque visage) ; le pas de transition d'une image à l'autre était variable, le pas étant plus petit autour de la zone d'incertitude afin d'optimiser la sensibilité de l'outil. L'expression neutre et cinq expressions émotionnelles ont été choisies, et différentes paires ont été testées. L'ensemble du matériel a été soumis à 89 sujets normaux, dont les âges variaient de 20 à 80 ans.

Les propriétés de la perception catégorielle ont été retrouvées. Elles varient toutefois en fonction du type d'expression étudiée. En outre, le **point d'incertitude perceptive** ne correspond pas systématiquement avec le **point d'incertitude objective** (c'est-à-dire un mélange de 50% de chaque expression). Enfin, l'âge semble affecter les caractéristiques des courbes de performances mises en évidence.

Des recherches psychométriques complémentaires sont requises, mais la présente études indique que nous disposons d'un outil fiable et sensible d'analyse de la perception catégorielle des expressions faciales émotionnelles, qui pourrait s'avérer utile à la détection de troubles résultant du vieillissement pathologique, d'atteintes cérébrales ou de déficits de nature psychiatrique.

---

## 1.2. INTRODUCTION

---

For years, psychophysical studies with humans have revealed categorical perception of some unidimensional stimuli. Thus, what is seen or heard is classified into discrete categories in spite of the continuous nature of the stimulus. This kind of processing simplifies the interpretation of the environment, at the cost of a relative insensitivity to physical variations of the stimulus within a given category versus a high sensitivity to changes across boundaries between adjacent categories (Calder, Young, Perrett, Etcoff et Rowland, 1996) ; thus, a sigmoidal or threshold function is obtained when the perceptual performance is plotted against the physical continuous variation of the stimulus. This type of categorical perception has been evidenced for colours even when the wavelength is varied uniformly (Bomstein et Korda, 1984), and for the auditory perception of speech sounds (Liberman, Harris, Hoffman et Griffith, 1957).

Modern developments of computer technologies have allowed research into the categorical perception of complex, multidimensional stimuli. Indeed, even when multidimensional visual stimuli are used, scanning and morphing programs make available smooth, regular and continuous translation from a given complex visual stimulus to another. In this way, categorical perception of facial identity was shown by Beale and Keil (1995) who used photographs of famous faces. Similarly, categorical perception of emotional facial expressions was observed by Etcoff and Magee (1992) with line-drawings of faces, and by Calder et al. (1996) and De Gelder, Teunisse and Benson (1997) with photographs of faces. Moreover, Calder et al. reported additional experiments showing that the categorical processing of facial expressions (a) can be generalized to a large range of stimuli (Expt. 2), (b) does not result from methodological and/or strategic biases (Expt. 3), and (c) is truly a perceptual rather than a short-term memory effect (Expt. 4). Note, however, that Etcoff and Magee did not observe categorical effects in the processing of surprise, and that Calder et al. (Expt. 2) did not obtain categorical effects for the happy-sad pair, but were able to explain this by a bias in the design of the stimuli. In addition, De Gelder et al. verified the

categorical kind of perception in both adults (Expt. 1) and 9 to 10-yearchildren (Expt. 3) ; however, it was not evidenced for the angry-sad pair in adults (Expt. 2). These studies are of considerable importance in the debate about the continuous versus categorical processing of facial expressions (Ekman, 1982).

Concerning the perception of facial stimuli, photographs have to be preferred to line-drawings because texture, pigmentation and other surface-based cues are important in the processing of this kind of material (Bruce et Burton, 1992). Therefore, the procedure used by Calder et al. (1996), Beale and Keil (1995) and De Gelder et al. (1997) was more appropriate than that employed by Etcoff and Magee (1992). In addition, computational and technical parsimony has to be favored : in this respect, the method used by Beale and Keil (1995) required the spatial bidimensional manual location of about 300 reference points, and those of Calder et al. (1996) and De Gelder et al. (1997) the location of 186 points specifying anatomical landmarks. Finally, in these four studies (Beale et Keil, 1995 ; Calder et al., 1996 ; De Gelder et al., 1997 ; Etcoff et Magee, 1992), the progressive translation from one stimulus to the other was made by steps of 10%, but it could be interesting to be able to adjust the steps, particularly in the boundary region between categories.

In what follows, we describe a device which (a) is based on the scanning of photographs of faces, (b) requires the location of only 169 reference points, and (c) whose step is reduced (and thus the sensitivity increased) in the area of categories boundary. This device is named "**M.A.R.I.E.**" (in French : "**m**éthode d'**a**nalyse de **r**echerche de l'**i**ntégration des **é**motions" : research method for analyzing integration of emotions). It appears that such a simple device is able to reveal categorical perception of facial expressions, and can be used in a clinical setting. A preliminary report of this tool was made by Granato, Bruyer and Revillion (1996) for the happy-sadness continuum, using a different face than those employed here, and using a constant step of 10%.

Studies on categorical perception generally report two different tasks accomplished by the same subjects : an identification task of isolated stimuli (as in the present study), and a matching-to-sample discrimination task. In this second task, the subject is shown three stimuli in an ABX design : A and B are two stimuli of the same continuum whose amplitude of difference is controlled, and X is identical to either A or B and has to be matched accordingly. This discrimination task is used to validate the categorical effects observed in the identification task : first, by showing that inter-category differences are perceived more easily than intra-category differences ; second, by showing that the results in the identification task can be used to predict performance in the discrimination task. Where facial emotional expressions are concerned, Etcoff and Magee (1992), Calder et al. (1996) and De Gelder et al. (1997) employed this procedure successfully, i.e. the categorical perception is a robust effect. Therefore, in the present study, only the identification task was used.

In the field of applied psychology, the assessment of recognition of facial emotional expressions is important. Indeed, first, some psychopathological conditions (for instance, autism, dementia, schizophrenic or some delusional syndromes) are characterized by an inability to recognize faces or facial expressions (see Luauté et Bidault, 1994). Second, face recognition reposes on the extraction of invariant properties of the stimulus (see Bruce et Young, 1986), particularly a process of abstraction of variations due to the diversity of facial expressions : accordingly, faces are best memorized when the perceiver is shown a given face displaying several expressions (cfr Sansone et Tiberghien, 1994). Therefore, the main purpose of the present study was to offer a clinical tool which is easy to use and sensitive to a major feature of expression recognition, its categorical nature.

---

## 1.3. METHOD

---

### 10.3.1. Subjects

---

The experiment was submitted to 100 subjects, with no sensory loss and judged to be emotionally normal. However, for various reasons, 10 subjects did not fulfil all the experimental conditions. Therefore, only the results of the remaining 90 subjects will be reported here;

The main sample was formed with 68 "young" subjects. All were right-handed (self report) and obtained the maximal score of 30 in the Mini-Mental State evaluation (NMS: Folstein, Folstein et McHugh, 1975). The sample consisted of 46 females and 22 males. They were aged between 20 and 59 years (mean : 35.73 ; sd= 9.35) and had achieved several formal education levels. An additional sample of 22 older people (18 females, 4 males) had a mean MMS score of 25.18 (range : 16-30) and a mean age of 86.82 (sd= 8.53). All were right-handed and of several formal education levels.

---

### 1.3.2. Materials

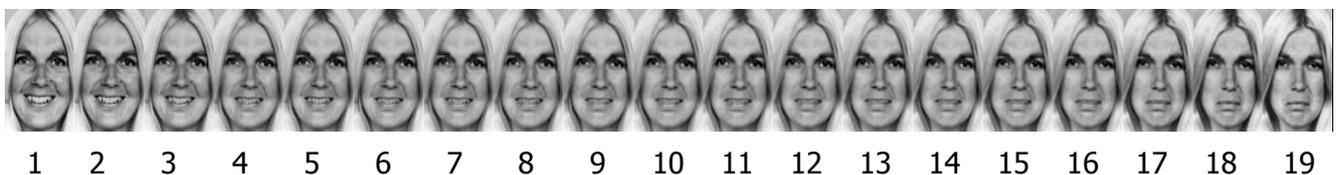
---

Black-and-white photographs from the Ekman and Friesen (1975) book were chosen, with the authors' permission. We selected canonical pictures of six basic facial expressions, each displayed by several posers : neutral, happiness, disgust, fear, sadness, and anger. Each picture was then scanned by means of a ScanMaker E6 (Microtek). Figure 1 illustrates these scanned expressions, each produced by the same model (note : "surprise" was also prepared, but not used in the present study).



*Figure 1 : Examples of the facial expressions.*

The resulting images were then paired, according to the following criteria. First, the pictures of a given pair had to display two different expressions produced by the same model. Second, given the within-subject experimental design, it was not reasonable to show all the possible pairings (i.e. fifteen), so a subset of six pairs was selected. Third, the choice of the selected pairs was guided by the choices made by other authors. Etcoff and Magee (1992) used eight pairings : happy-sad, angry-sad, angry-afraid, surprised-afraid, angry-disgusted, happy-neutral, sad-neutral, and happy-surprised (see the Introduction of their paper for the justification of this choice). Calder et al. (1996) as well as De Gelder et al. (1997) selected a subset of three pairs from the series of Etcoff and Magee : happy-sad, sad-angry, and angry-afraid. In the present study, the six pairs retained were : angry-afraid, angry-sad, neutral-disgusted, neutral-sad, neutral-happy, and happy-sad. Note that given the kind of preparation and display of the stimuli (see below), these pairs are not unidirectional, that is to say, the pair sad-happy (for instance) is experimentally identical to the pair happy-sad.



*Figure 2 : Examples of stimuli : a happy-sad series*

The two pictures of each pair became the extremes of a continuum. Indeed, by means of MorphTm (Gryphon Software Corp., San Diego), 17 artificial intermediate pictures were made by blending the two extremes in variable ratios. So, six series of 19 pictures each (the two original extremes plus 17 intermediate pictures) constituted the experimental material. The blending was made by computing the xy coordinates of 169 corresponding anatomical landmarks of the two extreme pictures ( $x_a y_a$  and  $x_b y_b$ ), and then, by defining new  $x_c y_c$  coordinates, combining the original ones by giving specific weights to these original coordinates. For instance, the picture #6 was formed with 169  $x_c y_c$  combinations, each resulting to 38% from  $x_a y_a$  and to 62% from  $x_b y_b$ . The local texture of the resulting "face" was then smoothed.

The weights used in the entire series, from picture #1 to picture #19, were : 100a/0b (extreme a), 90a/10b, 80a/20b, 70a/30b, 65a/35b, 62a/38b, 59a/41b, 56a/44b, 53a/47b, 50a/50b (picture #10), 47a/53b, 44a/56b, 41 a/59b, 38a/62b, 35a/65b, 30a/70b, 20a/80b, 10a/90b, and 0a/100b (extreme b). As can be seen, a particular mode of weighting was adopted in order to increase the sensitivity of the tool around the hypothesized boundary between categories. Figure 2 shows a happy-sad series (all pictures had the same size in the experiment even if, in the Figure, the extremes and the 50a/50b picture are magnified for the purpose of illustration).

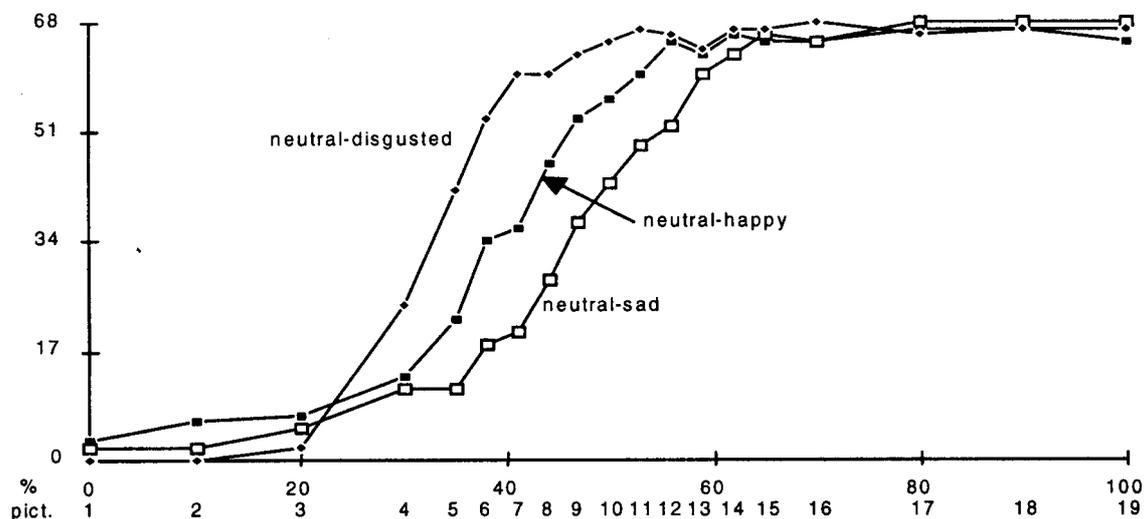
---

### 1.3.3. Procedure

---

The first stage of the single individual session was devoted to register several individual data (age, gender, format scholarship, etc...) and to administer the MMS evaluation (Folstein et al., 1975, translated into French).

The second stage followed immediately and formed the experimental phase. Each subject was shown the six series of 19 pictures. Each picture (10 x 18 cm) was displayed on



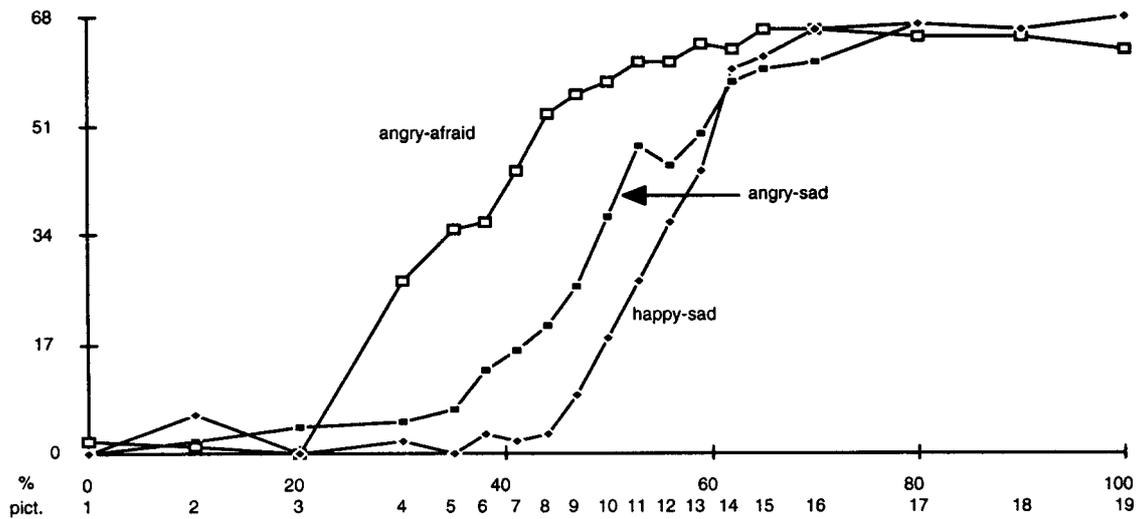


Figure 3 : For each of the six experimental series, the graphs show the number of subjects of the main sample (out of 68) who chose the second alternative (e.g. "happy" in the "neutral-happy" series), as a function of the weight (%) of this second alternative in the composite picture.

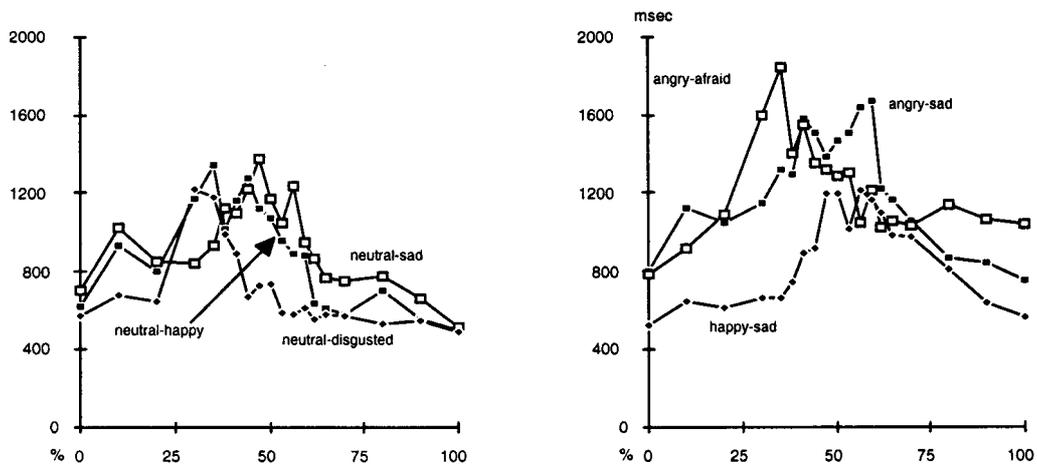


Figure 4 : For each of the six experimental series, the graphs show the median response latency (msec.) of the 68 subjects of the main sample, as a function of the 19 pictures (%).

the screen of a portable computer up to the response. The viewing distance was 40cm. Below the picture, two written labels were displayed, corresponding to the two facial expressions involved in the current series (e.g. "happy""sad"). The subject expressed his/her binary decision by depressing one or the other button of the mouse key, and the response was stored as 1

(expression a) or 0 (expression b). There was no time pressure, but the response latency was also recorded.

The order of the six series was randomly designed for each subject. Within each series, the 19 stimuli were randomly displayed, with the exception that pictures #1 and #19 (i.e., the pure canonical expressions) were systematically shown at the end of the series. Such a quasi random display was used to avoid strategic biases, that is to say, a progressive display of pictures from one extreme to the other would have induced consistency by the subject (once the cutoff point would be reached, the subject would remain consistent with his/her own decision).

---

## 1.4. RESULTS

---

We did not define correct responses a priori, so the responses will be systematically expressed in terms of choices of expression b in a-b series (e.g., choice of "sad" in the happy-sad series). Moreover, each picture was shown only once to each subject, so that no intra-item variance was possible at the individual level, and elaborated statistical tools do not apply.

---

### 1.4.1. The main sample

---

#### 1.4.1.1. Choices

---

Figure 3 summarizes the results by showing the choices made by the subjects. At a descriptive level, it appears (a) that curves look like categorical curves ; (b) that some patterns seem to be "more categorical" than others (for instance, compare neutral-disgusted or happy-sad curves to neutral-sad or angry-sad curves) ; (c) that the boundary area is not systematically located around picture #10 ; and (d) that the location of this boundary area varies from series to series (for instance, compare the neutral-disgusted series to the happy-sad series). Three non-parametric statistical tests were computed on each series.

First, the observed pattern was compared to an expected pattern in which the number of choices would be exactly predicted by the percentage of expression b in the ab composite pictures

; this would correspond to a test of linearity. Clearly, linearity was not an adequate descriptor of the performance, since the test was significant at  $p < .001$  for all series ( $\chi^2$  tests, 18df).

Second, intra-category zones were defined by iterative  $\chi^2$  tests. Thus, "zone a" was defined in which the subjects were not affected by the a/b ratio, then "zone b" in the same manner. The remaining portion of the curve was defined as the "boundary zone", which was also tested. This boundary zone was formed with pictures #4 to 7 for the neutral-happy series ( $p < .01$ ), pictures #4 to 9 for the neutral-sad series ( $p < .001$ ), picture #4 for the neutral-disgusted series (not tested), pictures #5 to 10 for the angry-sad series ( $p < .001$ ), picture #4 for the angry-afraid series (not tested), and pictures #9 to 12 for the happy-sad series ( $p < .001$ ).

Finally, the observed choices were tested against a theoretical ideal categorical curve, where 0% choices of b would be made in zone a, 50% in the boundary zone, and 100% in zone b. This goodness-of-fit test was made by means of the Kolmogorov-Smirnov test. Clearly, this ideal curve was a good descriptor of the data, since the test was not significant for all series.

---

#### 1.4.1.2. Latencies

---

Latency data were examined briefly, but had to be considered cautiously. Indeed, (a) there was no time pressure, so that these data had to be considered as an indirect measure of subjects' uncertainty rather than of the amount of cognitive processes involved in the decision ; and (b) all responses were considered, and not only "correct" responses since the correctness was not defined a priori. Figure 4 displays the median values.

Inspection of Fig. 4 reveals a common general pattern for the six graphs, i.e., a peak area. However, the location of this area varies from series to series (compare, for instance, the neutral-disgusted series where this area involves approximately pictures #4 to 7, to the happy-sad series where the peak involves approximately pictures #9 to 14). We also note that some series gave rise to longer latencies than others (the scale is not identical in the six series).

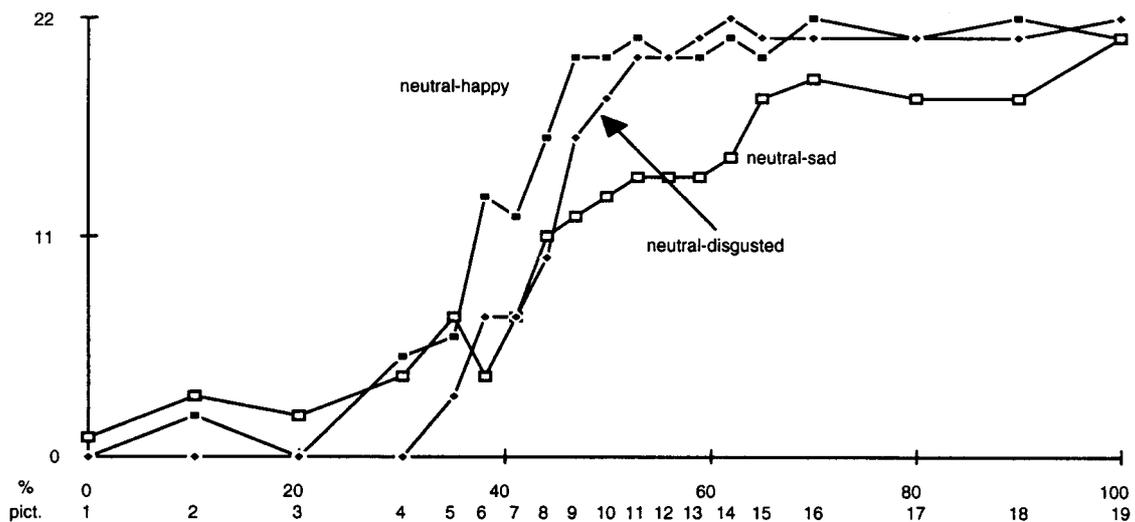
It was hypothesized that the pictures with long latencies corresponded to the boundary zone as defined above. Therefore, for each series, the mean latency for zone aetb combined was compared to the mean latency for the boundary zone, by means of Student tests. The test proved to be highly significant ( $p < .0001$ ) for all series, with an advantage of zone aetb combined over the boundary zone varying from 312 (neutral-sad) to 798 msec (neutraldisgusted).

---

## 1.5. The older people

---

Identical analyses were conducted on the data of older subjects. Figure 5 displays the choices they made, and Figure 6 the latency data. Direct comparison between young and older subjects was not the purpose of the present study. However, inspection of the figures indicated similar patterns of choices, but the curves corresponding to the neutral-sad, angry-sad and angry-afraid series seem to be "weakly categorical". A general increase of latencies with age was also observed. Such a slowing with age is commonly reported (Salthouse, 1991 ; see Birren et Fisher, 1995, Cerella, 1990, Salthouse, 1996, Welford, 1988 for reviews), but let us recall that there was no time pressure in the task and that the observed pattern probably reflects more care and/or hesitation in the elderly.



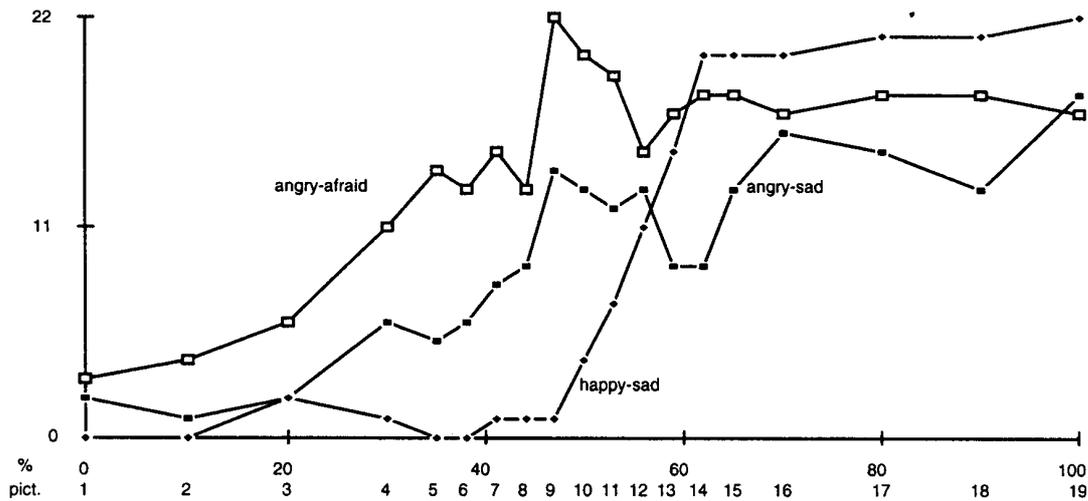


Figure 5 : For each of the six experimental series, the graphs show the number of older people (out of 22) who chose the second alternative (e.g. "happy" in the "neutral-happy" series), as a function of the weight (%) of this second alternative in the composite picture.

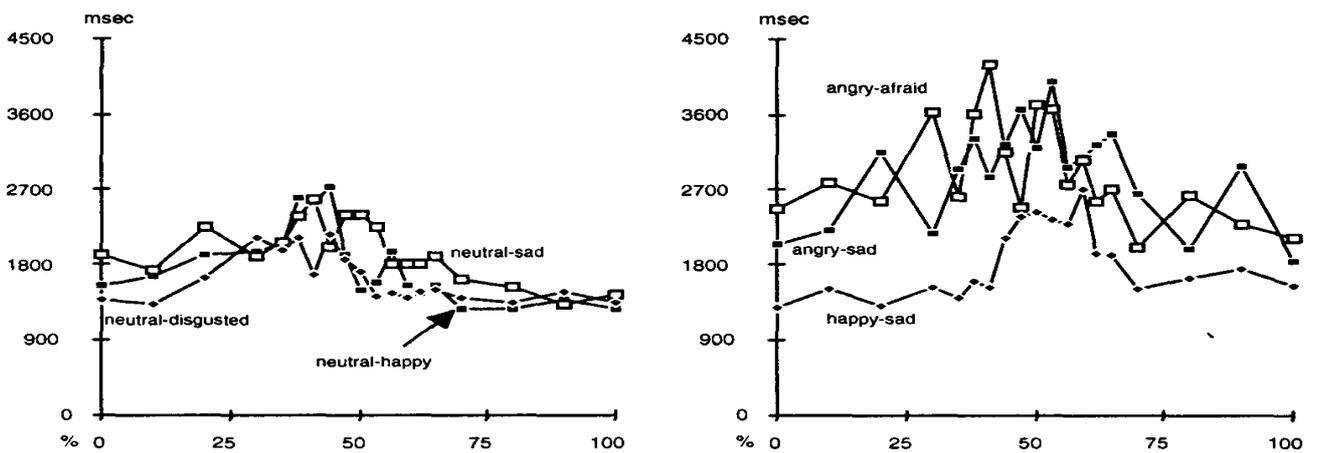


Figure 6 : For each of the six experimental series, the graphs show the median response latency (msec.) of the 22 older subjects, as a function of the 19 pictures (%).

Linearity was not an adequate predictor for the neutral-happy, neutral-disgusted and happy-sad series ( $p < .001$ ) ; however, linearity could not be rejected for the neutral-sad and angry-sad series, and finally, linearity was rejected for the angry-afraid series ( $p < .001$ ), but the pattern was obviously not characteristic of a categorical processing (see Fig.5). Therefore, the search of a "boundary zone" was limited to three series, and such a zone was difficult to detect (due, in part, to the size of the sample). Indeed, it was limited to picture #5 in the neutral-happy series, and to picture #3 in the neutral-disgusted series ; for the happy-sad series, the boundary zone was

formed with pictures #11 to 13 ( $p < .05$ ). Finally, the ideal categorical curve was a good descriptor of the data, since the test was not significant for the three remaining series.

Latencies for pictures of the boundary zone were higher than those of other pictures for the neutral-happy ( $p < .02$ ) and the happy-sad series ( $p < .0003$ ), but not for the neutral-disgusted one (NS).

---

## 1.6. DISCUSSION

---

In agreement with the few other studies using photographs (Calder et al., 1996 ; De Gelder et al., 1997 ; Granato et al., 1996) or line-drawings (Etcoff et Magee, 1992), M.A.R.I.E. verified the categorical perception of photographs of emotional facial expressions. This was also shown by Beale and Keil (1995) for identity of photographed faces. Thus, M.A.R.I.E. appears to be a reliable tool, even if the procedure is modified (essentially simplified) and the device implemented on a clinically easy-to-use portable computer.

Indeed, the subject is submitted to the **identification task only** (but not the discrimination task) and, within each series, each picture is displayed only once. These modifications free time for displaying a higher number of series and, within each series, a higher number of pictures. The supplementary series were used to design series in which a given facial emotional expression is associated with a non emotional, neutral expression. This procedure could give rise to a kind of "baseline condition", where the perception of each fundamental expression (in this study, three of them were used : happiness, sadness, and disgust) would be examined in an emotion-free context : this perception could then be compared to the perception of the same emotional expression embedded in an emotional context (for instance, neutral-happy vs sad-happy). The supplementary pictures within each series resulted in an increased sensitivity of the tool in the "region of interest", i.e., the region of transition between a category (expression) and the other : the step was reduced from 10 to 5%, and then to 3%, around picture #10 where equal weights were given to the two expressions. This was a kind of "zooming-in" on the central zone.

Obviously, other conditions should be added and tested to offer an integrated tool. Ideally, the seven fundamental expressions should be used (Ekman, 1982) and all pairings prepared ; in addition, each fundamental expression should be confronted with the neutral expression. Such a device would, however, give rise to 28 series, but one can imagine that the clinician would select the "series of interest" according to the kind of patient being examined (which, in addition, would permit repeated administrations of the same series in separate sessions).

One example of the "clinical" application of this tool was the present short study of older subjects. We report preliminary data suggesting a qualitative modification of the perception of emotional facial expressions with age indeed, over 60 years of age, it seems that the perception becomes non-categorical (at least for the neutral-sad, angry-sad, and angry-afraid series). Such an observation should give rise to complementary investigations.

One lesson from this study (as well as our preliminary study : Granato et al., 1996) is that the "objective" blending is not an optimal predictor of the performance. Indeed, the sharp region (boundary) of the curves was virtually never centered around picture #10, i.e., the picture in which both expressions were physically equally represented. Often, this region was displaced to the left, suggesting that emotion b was detected sooner. This applied not only to each pairing where expression a was non-emotional (neutral) --suggesting that the simple detection of emotions is early--, but also to angry-sad and angry-afraid series (but note that series were bidirectional, so the left displacement is arbitrary) ; the sole exception was the happy-sad series, whose region of boundary was broadly centered around picture # 10.

The purpose of the present paper was to present M.A.R.I.E. as a reliable tool for investigating the perception of emotional facial expressions. It appears that the goal is promising and complementary studies should adapt M.A.R.I.E. in order to transform it into a tool with adequate psychometric properties, easy to use in a clinical setting.

---

## 1.7. REFERENCES

---

1. **BEALE** J.M., et KEIL F.C. (1995) Categorical effects in the perception of faces. *Cognition*, 57,217-239.
2. **BIRREN** J.E., et FISHER L.M. (1995) Aging and speed of behavior : possible consequences for psychological functioning. *Annual Review of Psychology*, 46, 329-353.
3. **BORNSTEIN** M.H., et KORDA N.O. (1984) Discrimination and matching within and between hues measured by reaction times : some implications for categorical perception at levels of information processing. *Psychological Research*, 46, 207-222.
4. **BRUCE** V., et BURTON M. (Eds) (1992) *Processing Images of Faces*. Noywood Ablex.
5. **BRUCE** V., et YOUNG, A.W. (1986) Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77, 305-327.
6. **CALDER** A.J., YOUNG A.W., PERRETT D.I., ETCOFF N.L., et ROWLAND D. (1996) Categorical perception of morphed facial expressions. *Visual Cognition*, 3, 81-117.
7. **CERELLA** J. (1990) Aging and information processing rate. In J.E.Binen et K.W.Schaie (Eds), *Handbook of the Psychology of Aging* (3rd ed., pp. 201-221) San Diego : Academic Press.
8. **DE GELDER** B., TEUNISSE J.P., et BENSON P.J. (1997) Categorical perception of facial expressions : categories and their internal structure. *Cognition and Emotion*, 11, 1-23.
9. **EKMAN** P. (Ed.) (1982) *Emotion in the Human Face*. Cambridge : Cambridge University Press.
10. **EKMAN** P., et FRIESEN W.V. (1975) *Unmasking the Face*. Prentice-Hall.
11. **ETCOFF** N.L., et MAGEE J.J.. (1992) Categorical perception of facial expressions. *Cognition*, 44,227-240.
12. **FOLSTEIN** M.F., FOLSTEIN S.E., et Mc HUGH P.R. (1975) Mini-mental state : a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatry Research*, 12, 189-198.
13. **GRANATO** P., BRUYER R., et RÉVILION J.J. (1996) Etude objective de la perception du sourire et de la tristesse par la méthode d'analyse de recherche de l'intégration des émotions "MARIE". *Annales MédicoPsychologiques*, 154, 1-9.
14. **LIBERMAN** A.M., HARRIS K.S., HOFFMAN H.S., et GRIFFITH B.C. (1957) The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 358-368.
15. **LUAUTÉ**, J.P., et BIDAULT, E. (1994) Capgras syndrome : agnosia of identification and delusion of reduplication. *Psychopathology*, 27, 186-193.

16. **SALTHOUSE** T.A. (1991) Mediation of adult age différences in cognition by reductions in working memory and speed of processing. *Psychological Science*, 2, 179-183.
17. **SALTHOUSE** TA. (1996) The processing-speed theory of adult age différences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.
18. **SANSONE**, S., et TIBERGHIEEN, G. (1994) Traitement de l'expression faciale et reconnaissance des visages : indépendance ou interaction ? *Psychologie Française*, 39,327-344.
19. **WELFORD** A.T. (1988) Reaction time, speed of performance, and age. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 515, 1-17.

## ANNEXE 6

# CALCUL DU SCORE INDIVIDUEL DE RECONNAISSANCE D'UNE SÉRIE DE STIMULI INTERMÉDIAIRES ENTRE DEUX STIMULI-SOURCES : L'EXEMPLE DE LA PERCEPTION CATÉGORIELLE DES EXPRESSIONS FACIALES

Raymond BRUYER, Philippe GRANATO et Jean-Pierre VAN GANSBERGHE<sup>†</sup>. (Accepté par European applied journal of psychology mars 2006)

### 1.1. RESUME

La technique informatique de « *morphing* » permet de créer des images intermédiaires qui sont des hybrides de deux images sources, dans des proportions variables. Au cours des quinze dernières années, elle a fortement contribué aux développements de nos connaissances relatives aux mécanismes de la reconnaissance des expressions faciales. En particulier, il se confirme que la perception des expressions est catégorielle. En effet, si on fait varier de manière continue et linéaire la transition entre une expression et une autre, la perception qui en résulte n'est pas linéaire, mais sigmoïdale. Le même constat s'applique à la reconnaissance des identités faciales et à la perception du genre des visages. Nous montrons ici que les données issues de tests de perception catégorielle peuvent également être utilisées pour mesurer la qualité de la reconnaissance, indépendamment de l'aspect catégoriel. Elle porte sur les réponses d'un sujet que l'on confronte à celles d'un groupe contrôle. La méthode proposée permet de décider si une réponse individuelle à une image hybride est correcte ou erronée, par comparaison aux réponses d'une population de référence. Plus précisément, la proportion de sujets du groupe de référence qui a produit la même réponse que le sujet sert d'estimateur de la probabilité que le sujet soit issu

d'une population saine. Cette quantification n'était pas possible lorsqu'il s'agissait d'enregistrer le choix, sans définition a priori de la nature correcte ou erronée de la réponse. Notre ajustement nous semble généralisable à toute épreuve destinée à mesurer la perception catégorielle.

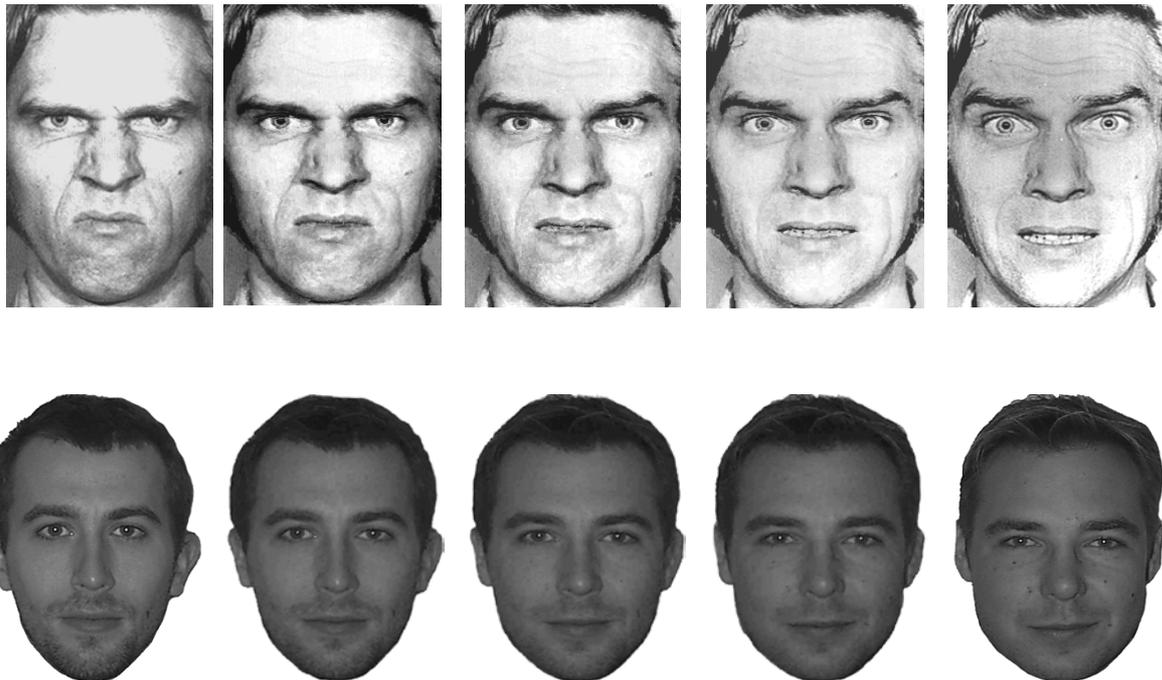
---

## 1.2. INTRODUCTION

---

Les mécanismes qui sous-tendent la reconnaissance des expressions faciales émotionnelles font l'objet de nombreux travaux depuis une trentaine d'années. Ces travaux portent sur le sujet sain (nouveau-né, enfant, adulte ou âgé) et des patients atteints de pathologies psychiatriques ou neurologiques, à des fins diagnostiques, de recherche clinique ou de recherche fondamentale. Les méthodes utilisées sont des tests comportementaux, le recueil de potentiels évoqués cérébraux et la magnétoencéphalographie, la stimulation magnétique transcrânienne et l'imagerie cérébrale fonctionnelle (tomographie par émission de positrons, résonance magnétique fonctionnelle).

Les développements de l'informatique, en particulier des logiciels de traitement d'images, ont permis des progrès. C'est le cas de la méthode du « morphing ». Elle permet de créer une image qui est un hybride de deux images-sources (A et B) en mélangeant, en quelque sorte, les pixels de ces deux images-sources : on obtient ainsi un composite artificiel qui présente des « traits communs » avec chacune des deux images-sources. Cette méthode a en particulier été appliquée aux identités faciales et aux expressions faciales (voir la figure 1). Elle présente l'intérêt de maîtriser les variations des contributions de chacune des deux images-sources dans l'hybride qui en résulte.

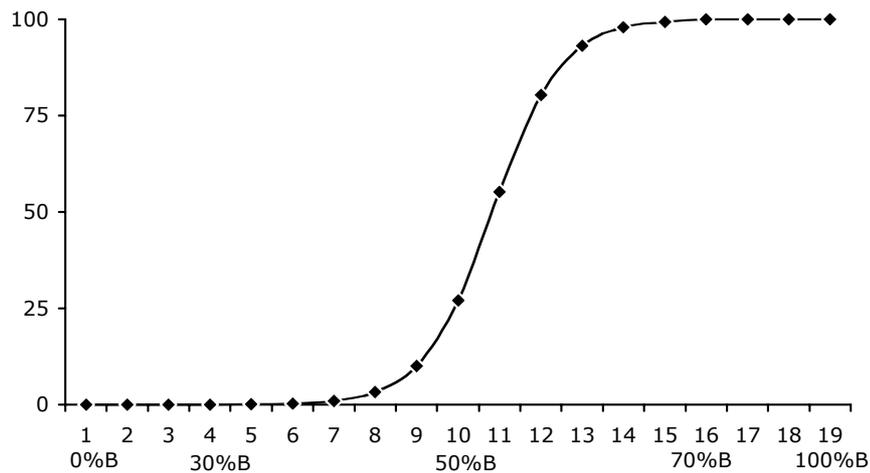


**FIGURE 1-** La technique du morphing : ces exemples illustrent le morphing de deux expressions faciales (rangée du haut) et de deux identités faciales (rangée du bas). Les images-sources occupent les extrémités gauche et droite, et les images intermédiaires sont des hybrides où le « poids » de l'image-source de droite est manipulé (de gauche à droite: 0%, 30%, 50%, 70% et 100%). Les images-sources des expressions (dégoût et peur) sont reproduites de Ekman et Friesen, 1976, avec la permission des auteurs

Cette méthode a permis de progresser dans un ancien débat, opposant deux théories. D'une part, la théorie *dimensionnelle* (par exemple Plutchik, 1980) considère que les expressions sont des combinaisons variables, continues et très nombreuses de quelques dimensions de base -- intensité, similarité, valence positive ou négative, etc. D'autre part, la théorie *catégorielle* (par exemple Ekman, 1992) considère que les expressions constituent quelques catégories émotionnelles de base -- peur, colère, joie, tristesse, etc. -- qui peuvent se combiner pour rendre compte de la grande variété d'expressions que nous percevons. Plusieurs études, toutes récentes (Etcoff et Magee, 1992; Granato, Bruyer, et Révillion, 1996; Calder et al., 1996; De Gelder,

Teunisse, et Benson, 1997; Young et al., 1997; Bruyer et Granato, 1999; Campanella et al., 2002; Granato et Bruyer, 2002; Kiffel, Campanella, et Bruyer, 2005), ont eu recours à la méthode de morphing pour construire des expressions hybrides. Il est apparu que la reconnaissance de ces émotions n'est pas une fonction linéaire de la proportion de chaque image-source dans l'hybride, mais une fonction d'allure sigmoïde (ou logistique : voir la figure 2). En effet, si on présente *dans un ordre aléatoire* les différents hybrides d'une même série AB, les sujets reconnaissent A sans hésitation jusqu'à une certaine proportion de contribution de la source A dans l'image, ils reconnaissent B sans hésitation à partir d'une certaine proportion de contribution de la source B, et il n'y a qu'une petite zone d'incertitude qui définit une frontière aux limites mal définies entre les deux catégories A et B. En d'autres termes, alors que la variation des stimuli est linéaire, celle de la réponse ne l'est pas. La nature catégorielle de cette perception peut ensuite être confirmée avec une autre tâche. On présente au sujet des paires d'hybrides issus de la même série et il s'agit de décider si les deux images sont strictement identiques ou non ; en réalité, elles le sont dans la moitié des cas et, lorsqu'elles diffèrent, elles proviennent toutes deux du même côté de la frontière catégorielle (25% des cas), ou pas (25% des cas): par exemple, si la frontière perceptive est située à hauteur de l'image comprenant 60% de contribution de B (et 40% de A), les images comprenant 30 et 50% de B sont situées du même côté de la frontière, tandis que les images comprenant 50 et 70% de B sont situées de part et d'autre de la frontière. On observe que les erreurs sont plus nombreuses et les réponses plus lentes si les images proviennent du même côté que si elles sont issues chacune d'une « catégorie », alors que la différence physique entre les deux images, en proportion de A (par exemple), est strictement identique dans les deux cas. Ces propriétés classiques de la perception catégorielle (Harnad, 1987) étaient bien connues pour des stimuli « simples » comme la longueur d'onde de la lumière qui en détermine la couleur (Bornstein, Kessen, et Weiskopf, 1976) et le voisement des phonèmes (Lieberman et al., 1957): on montre donc à présent que la perception de stimuli visuels complexes multidimensionnels obéit aux mêmes principes, qu'il s'agisse de l'expression faciale (ci-dessus), de l'identité faciale (Beale et

Keil, 1995; Campanella et al., 2003; Kiffel, Campanella, et Bruyer, 2005; Levin et Beale, 2000; Stevenage, 1998) ou du genre d'un visage (Bülthoff et Newell, 2004; Campanella et al., 2000; Campanella, Chrysochoos, et Bruyer, 2001).



*FIGURE 2- La perception catégorielle : cette courbe représente le pourcentage de choix «B» des sujets en fonction de la contribution du visage source B dans l'image. On constate qu'alors que la contribution de B est linéaire, le choix des sujets est sigmoïdal plutôt que linéaire.*

Ce type d'épreuve peut servir à examiner finement les propriétés de la perception des expressions faciales chez un sujet donné (un patient cérébrolésé atteint d'un déficit sélectif, un patient psychiatrique, etc.). Le but est de comprendre la nature du trouble éventuel et d'examiner si la perception est bien catégorielle chez le patient (voir, par exemple, De Gelder, Teunisse, et Benson, 1997). Toutefois, on ne souhaite pas toujours procéder à une analyse aussi fine, mais simplement disposer, en routine clinique, d'un test normalisé, réalisable au lit du patient, sensible et fidèle, permettant d'apprécier, d'une manière globale, la qualité de la reconnaissance des expressions émotionnelles chez un sujet particulier.

Nous proposons dans cet article que les séries émotionnelles utilisées pour explorer la perception catégorielle peuvent également servir à dériver un score global pour un sujet donné, qui peut être comparé au score global d'une population « idéale » (c'est-à-dire qui ne commet aucune erreur).

Nous prendrons pour exemple l'outil «MARIE» décrit initialement par Granato, et Bruyer (1996) puis utilisé par Granato et Bruyer (2002) ainsi que Bruyer et Granato (1999), et pour lequel nous disposons à présent des résultats de sept groupes de sujets sains (de 20 à 70 ans) qui feront prochainement l'objet d'une publication. Il est important de noter que l'objectif du présent article n'est pas de proposer des normes permettant un quelconque diagnostic : en aval de cette étape normative, nous proposons plutôt d'abord un mode de calcul du score du sujet pour une série donnée d'hybrides compte tenu de la nature particulière d'une telle série.

---

## 1.3. METHODE

---

### 1.3.1. Sujets

---

Les données ont été recueillies auprès de sept groupes de sujets: 21-30 ans (n= 30), 31-40 ans (n= 30), 41-50 ans (n= 30), 51-55 ans (n= 30), 56-60 ans (n= 30), 61-65 ans (n= 30) et 66-70 ans (n= 24). Nous avons rétréci les tranches d'âge entre 50 et 70 ans, dans la mesure où les effets cognitifs du vieillissement se manifestent au-delà de 50 ans. Dans chaque groupe, il y avait 50% de femmes et 50% d'hommes. Tous les sujets étaient droitiers et avaient une vision normale ou corrigée. Des antécédents de troubles neurologiques ou psychiatriques constituaient un motif d'exclusion. Les groupes étaient comparables en termes de niveau socioculturel (scolarisation).

---

### 1.3.2. Matériel

---

«**MARIE**» est l'abréviation de «**M**éthode d'**A**nalyses et de **R**echerche de l'**I**ntégration des **E**motions». Le détail est décrit dans les publications qui viennent d'être mentionnées. Il s'agit de présenter, sur un écran d'ordinateur, des séries de 19 images dont deux sont les images-sources (A et B), toujours présentées en fin de test, et 17 hybrides de ces images-sources, présentés dans un ordre aléatoire défini a priori. La taille des images est 10 X 18 cm et elles sont présentées à une distance d'environ 40 cm.

Le logiciel contient 63 séries de ce type, qui sont les 21 combinaisons possibles entre la joie, la tristesse, la peur, la colère, la surprise, le dégoût et l'expression neutre, exprimées par trois personnages différents («la blonde», «la brune», «l'homme»). Les images-sources sont empruntées à Ekman et Friesen (1976), avec leur permission.

Les 19 images de chaque série varient par la contribution en pixels de l'image-source B, à savoir: 0%, 10%, 20%, 30%, 35%, 38%, 41%, 44%, 47%, 50%, 53%, 56%, 59%, 62%, 65%, 70%, 80%, 90% et 100%. Il s'agit donc d'une distribution symétrique dont le pas est plus petit autour de la région *a priori* critique, à savoir 50%. Nous voulions de la sorte pouvoir examiner plus finement les réponses des sujets autour de la frontière catégorielle, même si ce n'est pas véritablement l'objet de la présente étude.

Les données de la présente étude ont été recueillies pour 27 de ces 63 séries. Ces séries sont, pour chacun des trois personnages, dérivées des paires colère-peur, colère-tristesse, joie-tristesse, neutralité-colère, neutralité-dégoût, neutralité-joie, neutralité-peur, neutralité-surprise et neutralité-tristesse. On observera que trois séries sont bipolaires et relient une expression à une autre, tandis que les six autres sont unipolaires et relient la neutralité à une expression. Ces séries évaluent donc la perception de l'intensité d'une expression (voir également Hsu et Young, 2004). On notera cependant que des auteurs estiment que la neutralité est elle-même une véritable expression (Shah et Lewis, 2003).

---

### 1.3.3. Procédure

---

Le sujet doit identifier chaque image en choisissant entre les deux alternatives possibles (A ou B ; par exemple : joie ou tristesse) auxquelles correspondent les boutons gauche et droit de la souris. Les deux labels du choix apparaissent à gauche et à droite du stimulus.

---

### 1.3.4. Mesures

---

Chaque sujet est exposé une seule fois à chacune des  $27 \times 19 = 513$  images. La variable dépendante est donc, par série, la proportion  $p$  de sujets qui ont choisi la réponse «B» (par exemple «peur» pour la série «colère-peur»). Le choix étant forcé, il en découle que la proportion de réponses «A» vaut  $1 - p$ .

Trois principes seront sous-jacents au calcul du score global par série. Le premier consiste à **définir l'erreur et la réponse correcte**. En effet, rien n'autorise de décider a priori que la réponse «A» (ou «B») est correcte pour toutes les images où la contribution de A (ou B) est supérieure à 50%, et que toute autre réponse est une erreur, car c'est la perception par le sujet qui est mesurée. Les notions d'erreurs et de réponses correctes sont donc à comprendre comme des réponses minoritaires et majoritaires. Nous définissons en effet comme correctes les réponses individuelles qui correspondent à celles de la majorité (plus de 50%) des réponses du groupe : par exemple, pour une image donnée, si 65% des réponses du groupe expriment le choix A, c'est «A» qui sera considéré comme une réponse correcte et «B» comme une erreur. Le second principe consiste à **grader l'ampleur de l'erreur ou de la réponse correcte**. En effet, intuitivement, on conçoit facilement que répondre «A» est plus aisé —et répondre «B» plus difficile—si l'image est composée à 90% de A et 10% de B que si elle est composée respectivement de 60% de A et 40% de B. Enfin, le troisième principe consiste à **définir le score global** du sujet, exprimé en pourcentage du maximum possible.

---

## 1.4. RESULTATS

---

On trouvera en annexe la distribution des choix par groupe, paire d'expressions et personnage, pour chacune des 19 images de chaque série. Pour la suite de l'exposé nous prendrons, en guise d'illustration, les résultats du groupe 41-50 ans auquel on a présenté la série « colère-tristesse » de la blonde.

---

### 1.4.1. Interprétation initiale de la réponse

---

Les données brutes recueillies par l'ordinateur portent sur la réponse émise par le sujet : «A» ou «B». La table 1 présente le nombre de sujets ayant choisi B. La première étape consiste donc à traduire cette réponse en «correcte» ou «erronée» (dans le sens défini précédemment).

Image	Contribution de B dans l'image (%)	Nombre de sujets (N)	Nombre de réponses "B"	Réponse majoritaire	proportion de choix majoritaires	proportion corrigée	odd ratio de la réponse minoritaire
1	0	30	0	A	1.00	0.9833	0.0169
2	10	30	0	A	1.00	0.9833	0.0169
3	20	30	1	A	0.97	0.9667	0.0345
4	30	30	2	A	0.93	0.9333	0.0714
5	35	30	1	A	0.97	0.9667	0.0345
6	38	30	6	A	0.80	0.8000	0.2500
7	41	30	2	A	0.93	0.9333	0.0714
8	44	30	19	B	0.63	0.6333	0.5789
9	47	30	23	B	0.77	0.7667	0.3043
10	50	30	25	B	0.83	0.8333	0.2000
11	53	30	26	B	0.87	0.8667	0.1538
12	56	30	23	B	0.77	0.7667	0.3043
13	59	30	26	B	0.87	0.8667	0.1538
14	62	30	29	B	0.97	0.9667	0.0345
15	65	30	30	B	1.00	0.9833	0.0169
16	70	30	30	B	1.00	0.9833	0.0169
17	80	30	30	B	1.00	0.9833	0.0169
18	90	30	30	B	1.00	0.9833	0.0169
19	100	30	30	B	1.00	0.9833	0.0169

*TABLE 1- Résultats et premières étapes du traitement des résultats pour le groupe 41-50 ans auquel on a présenté la série « colère-tristesse » de la blonde.*

Comme indiqué plus haut, cette catégorisation se fait suivant le choix majoritaire. La réponse est correcte si elle correspond au choix de plus de 50% des sujets du groupe correspondant à

l'âge du sujet, et erronée dans le cas inverse. Ainsi, si un sujet de 48 ans répond «A» à l'image de la série colère-tristesse chez la blonde où la contribution de B est de 62%, cette réponse sera qualifiée d'erreur puisqu'elle correspond au choix d'un seul ( $30 - 29 = 1$ ) des 30 sujets du groupe contrôle (soit 3,3%). En revanche, si le sujet répond «A» à l'image de la même série où la contribution de B est de 38%, sa réponse sera qualifiée de correcte car elle correspond au choix de 80% des sujets du groupe ( $30 - 6 = 24$ ).

Le point important est donc que ce n'est pas la nature de l'image (plus ou moins de 50% de contribution de l'image B dans l'hybride) qui est utilisée comme critère, mais la perception par le groupe de référence. Pour la série prise comme exemple, on notera d'ailleurs (table 1) qu'une majorité de réponses «B» est atteinte alors que la contribution de B dans l'hybride n'est que de 44% : **le seuil perceptif est différent du seuil mathématique**. De toute manière, au même titre que l'analyse des réponses « B », le choix des expressions de référence A et B est arbitraire, puisque les images sont présentées dans un ordre aléatoire: la série colère (A)-tristesse (B) aurait pu être la série tristesse (A)-colère (B).

---

### 1.4.2 Pondération de l'erreur et de la réponse correcte

---

Dans l'exemple d'erreur qui vient d'être utilisé, il s'agit d'une erreur sévère. En effet, notre sujet de 48 ans produit une réponse différente de celle de 96,7% des sujets du groupe contrôle : il s'agissait d'une image «facile». En revanche, s'il avait répondu «A» à l'image de la même série où la contribution de B est de 44%, c'eût été une erreur légère, puisque 19 des 30 sujets seulement (63,3%) on répondu B : il s'agit d'une image «difficile».

Rappelons que le sujet produit une réponse parmi deux possibles, et que la réponse est obligatoire. Il faut donc à présent **pondérer l'ampleur de l'erreur ou de la réponse correcte** d'un sujet particulier par le choix majoritaire de son groupe contrôle. Nous allons tenir compte de la proportion de sujets du groupe qui a produit la même réponse que le sujet. Si c'est la réponse minoritaire, cette proportion sera considérée comme un estimateur de la probabilité de produire

cette réponse sous l'hypothèse que le sujet est « normal ». Une correction sera toutefois apportée pour les proportions extrêmes (0 et 100% : unanimité du groupe), pour trois raisons. Tout d'abord, par définition, des probabilités nulles ou égales à 1 sont impossibles, *a fortiori* lorsqu'elles servent d'estimateurs. Ensuite, des valeurs nulles ou égales à 1 poseront des difficultés lorsque nous calculerons un score global pour la série (voir plus loin) : en effet, il s'agira de calculer le produit des 19 probabilités de la série (si une seule est nulle, le produit sera nul) ou la somme de leurs logarithmes (le logarithme de 0 est impossible). Enfin, comme on va le voir, il s'agit de probabilités faibles : leur produit sera donc une valeur fort proche de zéro. Pour ces trois raisons, la transformation suivante sera appliquée aux cas extrêmes : si, pour une image  $i$  donnée,  $p_i = 0$ , alors  $p_i = \frac{1}{2 \cdot N}$  (où  $N$  est le nombre de sujets du groupe) ; de même, si  $p_i = 1$ , alors  $p_i = 1 - \frac{1}{2 \cdot N}$  (une telle transformation est commune : voir Macmillan et Kaplan, 1985).

Par ailleurs, nous n'allons pas considérer la simple proportion (éventuellement corrigée), mais l'exprimer par rapport à la proportion de la réponse alternative (majoritaire). Il s'agit d'une transformation qui exprime la « bizarrerie » (le caractère rare) de la réponse produite (odds ratio). Ce odds ratio est souvent utilisé en épidémiologie, dans l'analyse de l'occurrence de pathologies rares :  $\frac{p_i}{1 - p_i}$ . Ainsi, si la réponse « B » n'est produite que par 20% des sujets du groupe contrôle ( $p_i$  vaut 0.2), la proportion de réponses « A » vaut  $1 - p_i$  (soit 0.8), et le odds ratio 0.25 : le sujet a quatre fois moins de chances de donner la bonne réponse en choisissant B qu'en choisissant A. Dans le langage des parieurs, on dira que la réponse « B » est mise à quatre contre un : un parieur sur cinq recevrait donc quatre fois sa mise initiale. Afin de préserver les propriétés des proportions (ou probabilités) et compte tenu de la définition du odds ratio, le numérateur du rapport est donc la probabilité de l'événement rare, la réponse minoritaire (et le dénominateur celle de la réponse majoritaire :  $\frac{p(\text{min})}{1 - p(\text{min})} = \frac{p(\text{min})}{p(\text{maj})}$ ).

---

### 1.4.3. Calcul du score global pour l'ensemble de la série

---

Le score global pour la série devrait être, en principe, le produit des 19 odds ratios : en effet, la probabilité d'obtenir exactement la série des 19 réponses observées est égale au produit des probabilités associées à chacune des 19 réponses indépendantes. Ceci entraîne deux difficultés. D'une part, nous obtiendrons des valeurs très proches de 0, en particulier parce que nous utilisons la probabilité de la réponse minoritaire : dans l'exemple de la table 1, le produit des probabilités vaut environ  $5 \cdot 10^{-23}$ . D'autre part, l'interprétation d'un produit de probabilités n'est pas chose aisée.

Nous avons vu que la distribution des probabilités de réponses « B » pour une série donnée obéit à une fonction sigmoïde (revoir la figure 2), plus particulièrement à une fonction logistique (un article en préparation développera les aspects mathématiques de notre étude). L'expression la

plus simple d'une fonction logistique est la suivante :  $p = \frac{e^a}{1+e^a} = \frac{1}{1+e^{-a}}$ . Par conséquent, toute

différence entre deux distributions i et j (deux séries pour un même sujet, ou une même série soumise à deux sujets) sera uniquement fonction du paramètre a, puisque les autres composantes de la formule (1 et e) sont des constantes : l'important est donc la différence entre  $a_i$  et  $a_j$ . Or, on

peut montrer que  $a_i = \log_e \left( \frac{p_i}{1-p_i} \right)$  et que  $a_j = \log_e \left( \frac{p_j}{1-p_j} \right)$  :  $a_i$  et  $a_j$  sont donc les

logarithmes respectifs des odds ratios. Si, dans les odds ratios, on remplace  $p_i$  par  $\frac{1}{1+e^{-a_i}}$  et  $p_j$

par  $\frac{1}{1+e^{-a_j}}$ , nous obtenons  $p_i = e^{a_i}$  et  $p_j = e^{a_j}$  dont le produit  $p_i \cdot p_j = e^{a_i+a_j}$ . Puisque le

logarithme naturel de ce produit est  $a_i + a_j$ , il en découle que **deux distributions différeront par la somme des logarithmes des odds ratios**. Nous pouvons donc calculer un score global par la somme de ces logarithmes, plutôt que par le produit des probabilités initiales. Dans la mesure où le logarithme d'une proportion est négatif, on prendra en considération le négatif de

cette somme. Ainsi, le score global observé ( $S_{obs}$ ) s'obtient par  $S_{obs} = -\sum_{i=1}^{19} \log_e \left( \frac{p_i}{1-p_i} \right)$ . La

table 2 présente les résultats de sept sujets virtuels, depuis le sujet parfait qui ne commet aucune erreur jusqu'à celui qui ne produit que des erreurs, en passant par quelques cas intermédiaires illustratifs.

Image	Contribution de B dans l'image (%)	Nombre de sujets (N)	Nombre de réponses "B"	Réponse majoritaire	proportion de choix majoritaires	proportion corrigée	odd ratio de la réponse minoritaire
1	0	30	0	A	1.00	0.9833	0.0169
2	10	30	0	A	1.00	0.9833	0.0169
3	20	30	1	A	0.97	0.9667	0.0345
4	30	30	2	A	0.93	0.9333	0.0714
5	35	30	1	A	0.97	0.9667	0.0345
6	38	30	6	A	0.80	0.8000	0.2500
7	41	30	2	A	0.93	0.9333	0.0714
8	44	30	19	B	0.63	0.6333	0.5789
9	47	30	23	B	0.77	0.7667	0.3043
10	50	30	25	B	0.83	0.8333	0.2000
11	53	30	26	B	0.87	0.8667	0.1538
12	56	30	23	B	0.77	0.7667	0.3043
13	59	30	26	B	0.87	0.8667	0.1538
14	62	30	29	B	0.97	0.9667	0.0345
15	65	30	30	B	1.00	0.9833	0.0169
16	70	30	30	B	1.00	0.9833	0.0169
17	80	30	30	B	1.00	0.9833	0.0169
18	90	30	30	B	1.00	0.9833	0.0169
19	100	30	30	B	1.00	0.9833	0.0169

TABLE 2- Calcul du score global de 7 sujets virtuels illustrant différents patterns de réponses (les valeurs en gras correspondent aux erreurs).

---

#### 1.4.4. Calcul du score global relatif pour la série

---

Le score maximal possible est celui qu'obtiendrait un sujet qui ne produit aucune erreur. Il est toutefois différent d'une série à l'autre, compte tenu du mode de calcul (certaines séries sont plus faciles que d'autres). Ainsi, pour l'exemple qui nous occupe, ce maximum est 53.59 (table 2 : sujet  $S_1$ ), mais pour le groupe 21-30 ans, le score maximum de la même série (colère-tristesse chez la blonde) devient 51.35 (voir les données en annexe). Par conséquent, afin de pouvoir comparer des séries, des groupes ou des sujets individuels, le score obtenu par un sujet donné

sera exprimé en pourcentage du maximum possible pour la série considérée et la tranche d'âge à laquelle il appartient. Dans notre exemple, le sujet 2 de la table 2 obtiendrait un score relatif de

$$100 \cdot \frac{52.49}{53.59} = 97.95\%.$$

Une seconde difficulté doit être résolue. Comme on le voit dans la table 2, le sujet 7 qui ne commet que des erreurs obtient un score négatif. Le score minimum n'est pas 0 mais le négatif du score maximum. Après transformation en pourcentages, nous obtenons donc une échelle de scores relatifs bornée par -100 et +100. Afin de faciliter la compréhension des résultats et les analyses comparatives ultérieures, il convient donc de ramener cette échelle à l'intervalle 0-100. Par conséquent, le score relatif en pourcentage est à augmenter de 100 (ce qui conduit à un intervalle 0-200) et le résultat est à diviser par 2. Au total, le score relatif pour une série et un

sujet donné devient  $\frac{\left(\frac{s_{obs}}{s_{max}} \cdot 100\right) + 100}{2} = \frac{50 \cdot (s_{obs} + s_{max})}{s_{max}}$ , en pourcentage du maximum. Ces

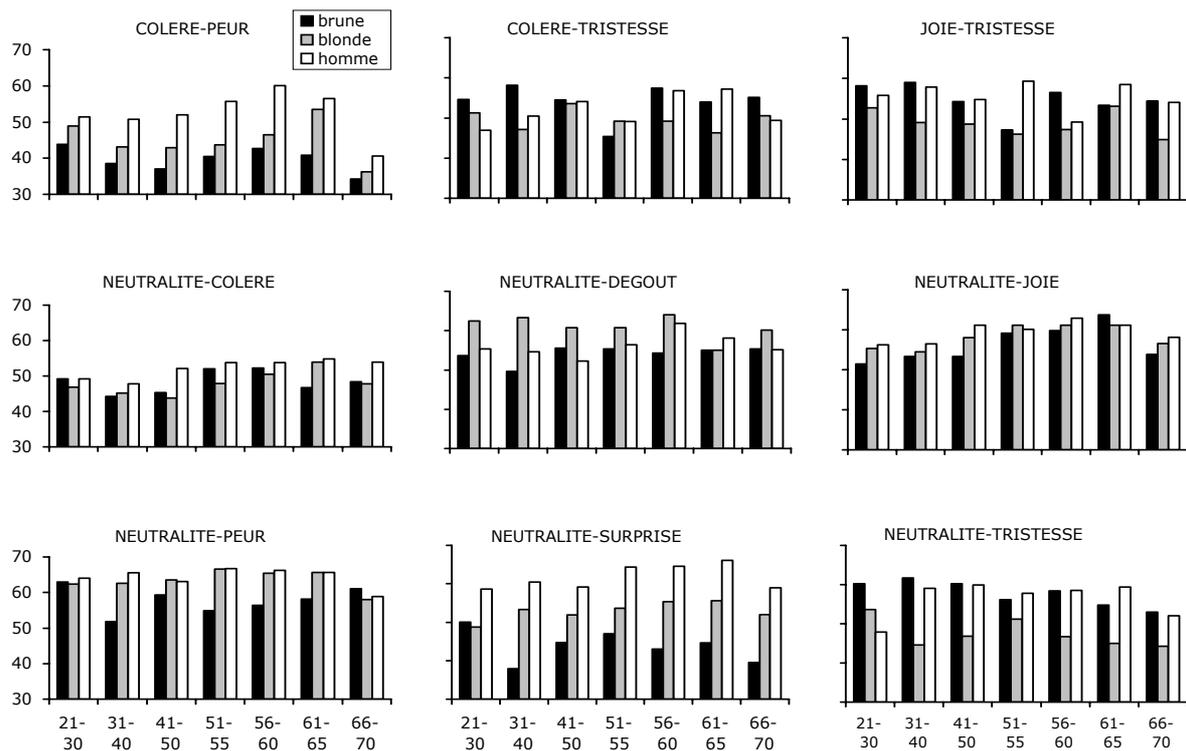
scores ont été calculés pour les sept sujets virtuels de la table 2. On peut constater la relative sensibilité de ces résultats au nombre et à la gravité des erreurs produites.

---

### 1.4.5. Application

---

Nous avons calculé le score maximal possible (brut) pour chacune des séries et chacun des groupes d'âge. La Figure 3 en présente le résultat. Sur un plan purement descriptif, on peut observer des variations, puisque ce score maximal varie entre 34.54 (groupe 66-70 ans, colère-peur chez la brune) et 66.77 (groupe 51-55 ans, neutralité-peur chez l'homme), la moyenne étant 53.74. Intuitivement, on peut interpréter ce score maximal comme une expression du degré d'unanimité des sujets du groupe contrôle sur l'ensemble de la série, et donc la « facilité » de celle-ci.

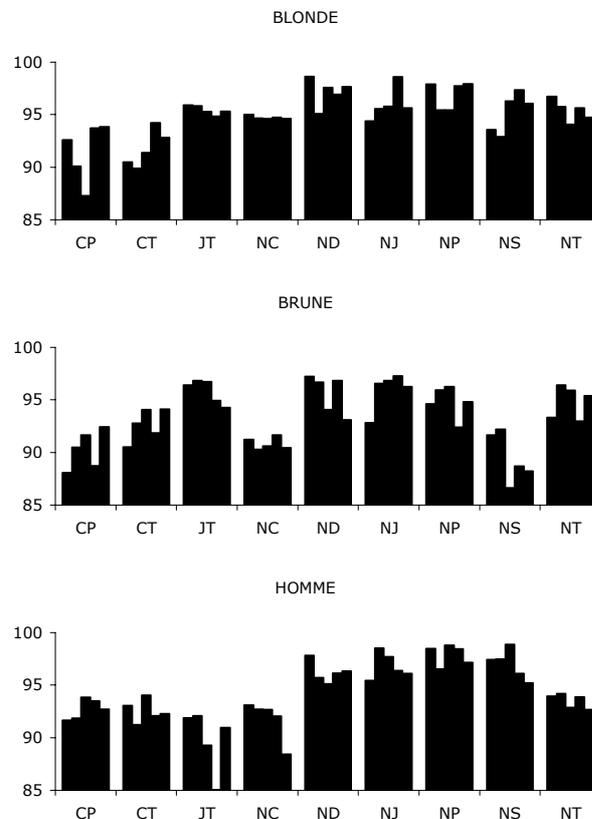


**FIGURE 3-** Score maximal possible pour chacune des séries et chaque groupe d'âge

### 1.4.6. Illustrations

Un échantillon indépendant de 13 sujets sains (dont 6 femmes), âgés de 29 à 41 ans et sélectionnés selon les mêmes critères que pour les sujets des sept groupes initiaux, a été soumis aux 27 séries, avec cinq présentations de chaque série. Le score a été calculé pour chaque sujet, passation et série, en prenant appui sur le score maximal du groupe d'âge correspondant (21-30 ans pour 4 sujets ; 31-40 pour 8 sujets ; 41-50 pour 1 sujet). La figure 4 présente les moyennes des 13 sujets, par série. Une ANOVA 3 (personnage) X 9 (série) X 5 (passation) (les 3 facteurs sont répétés) a montré un effet du personnage ( $F(2,24) = 5.65, p < .01$ ), de la série ( $F(8,96) = 5.08, p < .0001$ ) et de l'interaction personnage X série ( $F(16,192) = 3.98, p < .0001$ ). En revanche, il n'y a pas d'effet significatif de la passation, ni d'interaction significative entre la passation et les autres facteurs. Ceci montre la bonne stabilité des performances des sujets au cours des passations. Par ailleurs, nous voulons simplement illustrer ici les potentialités et la sensibilité du

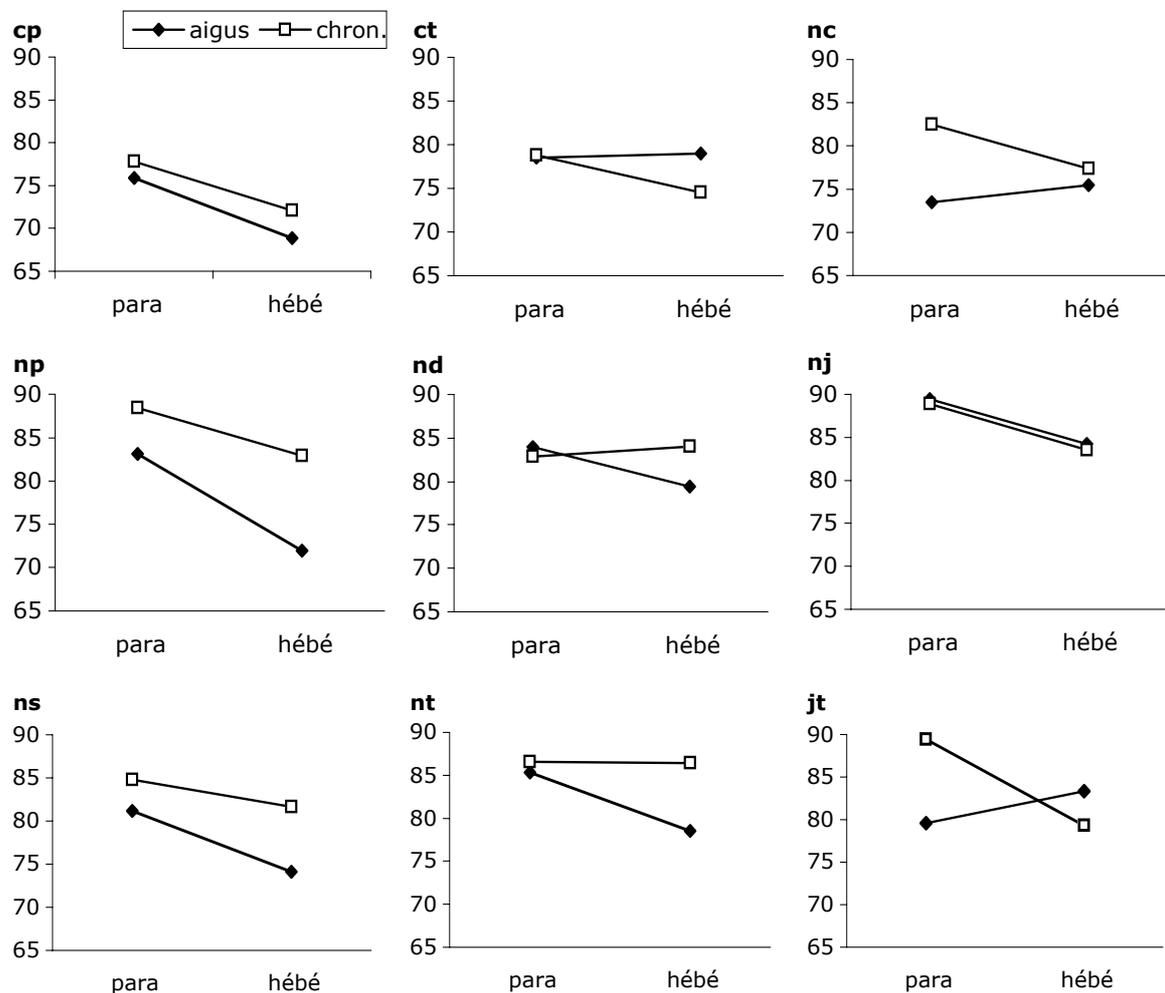
score à diverses variables indépendantes (ici le personnage et la série, mais pas la passation), sans en faire une interprétation détaillée.



**FIGURE 4-** Score moyen (en %) de 13 sujets sains au cours de cinq passations, pour chacune des neuf séries et chacun des trois personnages.

Les 27 séries émotionnelles ont été soumises à 35 patients psychotiques, âgés de 21 à 70 ans. Vingt patients présentaient la forme paranoïde de la psychose (8 en phase aiguë et 12 en phase chronique), et 15 patients la forme hébéphrénique (4 en phase aiguë et 11 en phase chronique). Les scores de chacun ont été calculés par référence au groupe d'âge correspondant. Une ANOVA 2 (chronicité) X 2 (forme de psychose) X 3 (personnage) X 9 (série), avec les deux derniers facteurs répétés, a montré des effets principaux significatifs de la chronicité ( $F(1,31)=3.84, p < .06$ ), de la série ( $F(8,248)=12.93, p < .0001$ ) et du personnage ( $F(2,62)=4.71, p < .0125$ ), ainsi qu'une interaction significative chronicité X forme X série ( $F(8,248)=2.42, p < .016$ )

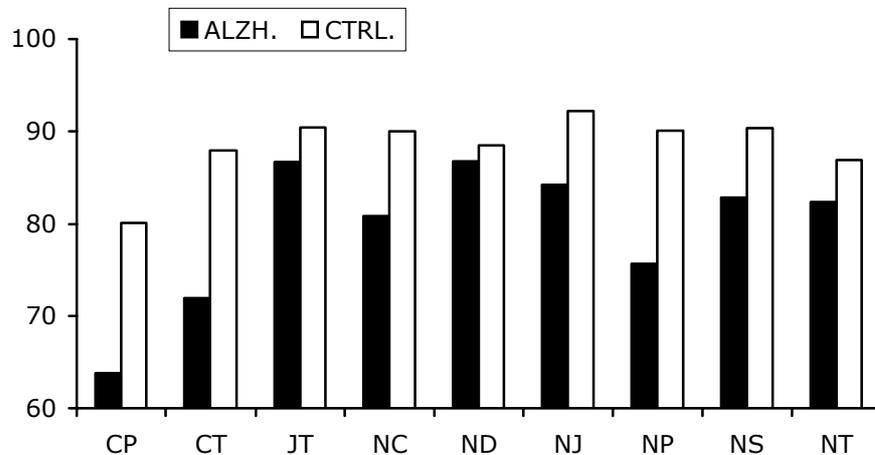
qui est illustrée par la figure 5. A nouveau, nous n'entrons pas dans le détail de l'interprétation de cette interaction.



**FIGURE 5-** Score moyen (en %) de 35 sujets psychotiques pour chacune des neuf séries, en fonction de la forme de psychose (hébéphrénique, paranoïde) et de sa chronicité (phase chronique, phase aiguë).

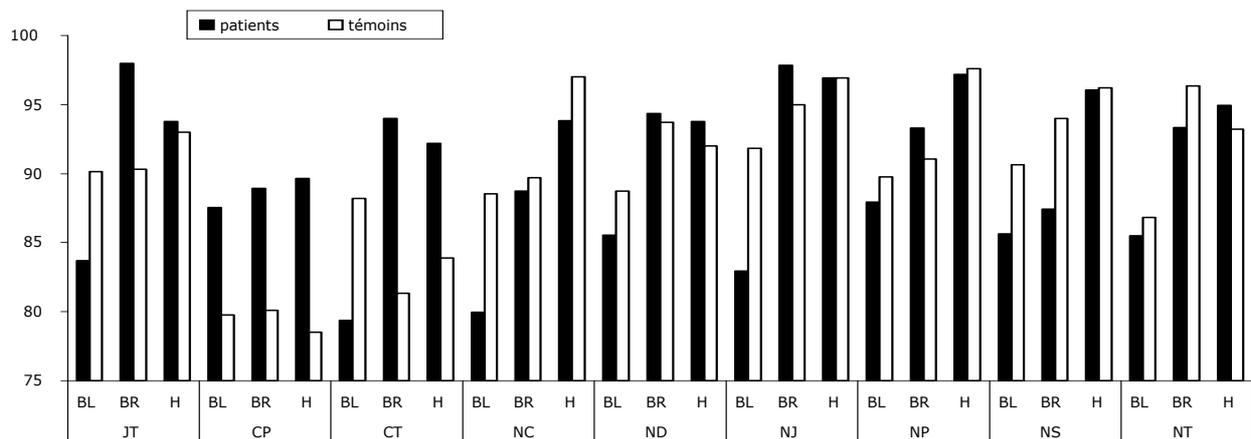
Les neuf séries émotionnelles exprimées par la Blonde ont été présentées à 33 patients atteints d'une démence d'Alzheimer débutante. Nous n'avons pas pu calculer le score de 22 patients, car ils étaient âgés de plus de 70 ans (nous n'avons pas de groupe de référence pour cette tranche d'âge). Les 11 autres patients (6 femmes) étaient âgés de 51 à 70 ans, avec une moyenne de 63 ans ; ils ont été comparés à huit sujets sains appariés. La figure 6 présente les moyennes des deux groupes pour chacune des neuf séries. Une ANOVA 2 (groupe) X 9 (séries),

dont le second facteur est répété, a montré un effet significatif de la série ( $F(8,136)= 3.79$ ,  $p < .0005$ , sans effet significatif du groupe et sans interaction significative entre la série et le groupe.



**FIGURE 6-** Score moyen (en %) de 11 patients atteints de la maladie d'Alzheimer débutante comparés à 8 sujets sains appariés pour chacune des neuf séries d'expressions produites par la Blonde.

Enfin, un petit échantillon de six patients cérébrolésés (4 ruptures d'anévrisme de l'artère communicante antérieure, 1 infarctus bilatéral du globus pallidum, 1 AVC frontal), comparé à huit sujets sains appariés en âge et sexe, a été soumis aux 27 séries. La figure 7 présente les scores moyens des deux groupes, qui ont été comparés par le test non-paramétrique de Mann-Whitney, vu la taille des groupes. Une différence significative en faveur des sujets sains est observée pour la série joie-tristesse produite par la Blonde ( $U= 11$ ,  $p < .05$ ), la série neutralité-colère produite par la Blonde ( $U= 11$ ,  $p < .05$ ) et par l'Homme ( $U= 7$ ,  $p < .035$ ) et la série neutralité-tristesse produite par la Brune ( $U= 9$ ,  $p < .064$  : tendance), mais un avantage des patients sur les sujets sains pour la série joie-tristesse produite par la Brune ( $U= 9$ ,  $p < .064$  : tendance).



**FIGURE 7-** Score moyen (en %) de six patients cérébrlésés et huit sujets sains appariés pour chacune des neuf séries et chacun des trois personnage

L'étape empirique suivante, qui dépasse l'objectif du présent article, sera donc de soumettre de nouveaux groupes indépendants de sujets sains à ces séries émotionnelles et de calculer les scores relatifs individuels. Ceci permettra d'abord de comparer statistiquement les effets de l'âge, de la série et du personnage chez des sujets sains. Cela nous conduira ensuite à des normes, à partir des moyennes et écarts-types de chaque série pour chaque groupe, et ces normes permettront d'apprécier les performances d'un sujet individuel (ou d'un groupe de sujets) susceptible de présenter une déficience suite, par exemple, à une atteinte neurologique, à une pathologie psychiatrique ou aux effets du vieillissement normal. En effet, tant que ces normes ne sont pas disponibles, nous ne pouvons décider si le score d'un sujet donné est « normal » ou « pathologique ». En revanche, comme on vient de le voir par quatre exemples, il est dès à présent possible de comparer les séries, les personnages, ou encore des groupes entre eux, même sans disposer de normes.

---

## 1.5. DISCUSSION ET CONCLUSION

---

La technique du morphing est aujourd'hui abondamment utilisée pour établir la nature catégorielle de la perception des identités faciales ou des expressions faciales émotionnelles. Elle pourrait évidemment être étendue à d'autres types de stimuli visuels complexes, voire, en l'adaptant, à d'autres modalités sensorielles (la voix, l'écriture, l'odeur, etc.).

Nous montrons ici que les épreuves, tests ou expériences mis au point pour évaluer cette perception catégorielle peuvent également être exploités pour mesurer la perception, indépendamment de sa nature catégorielle ou non: c'est le score relatif. Inévitablement, comme tout score composite, cette démarche entraîne une perte d'information.

En effet, par définition, on semble perdre toute information sur le profil général de la courbe de réponses, en particulier sa nature sigmoïdale (catégorielle) ou non. C'est évidemment inhérent à la notion même de « score global ». Soulignons toutefois que l'allure de la courbe est implicitement prise en compte par l'introduction des proportions ( $p_i$ ) de sujets du groupe de référence dans le calcul du score par image, dont le score relatif final n'est que la synthèse ajustée et exprimée par rapport à un maximum. En outre, l'allure sigmoïdale de la courbe est explicitement prise en compte, puisque ce sont les propriétés mêmes de la courbe logistique qui permettent de passer d'un produit de probabilités, difficilement interprétable, à une somme de logarithmes. Un article en préparation porte sur cette allure des courbes et montre, en particulier, que c'est la fonction logistique qui conduit au meilleur ajustement des données empiriques, pour chacune des courbes.

Bien que présentées dans un ordre aléatoire, les 19 images d'une même série ne sont pas simplement 19 stimuli équivalents d'une même catégorie. En effet, leur composition est telle qu'ils varient en termes de proportions de pixels de deux images sources. Par conséquent, les méthodes classiques reposant sur un comptage du nombre d'erreurs puis la dérivation éventuelle d'indices plus élaborés issus, par exemple, de la Théorie de la Détection du Signal, ne sont guère

appropriées dans ce contexte. Notre utilisation du terme « erreur » est d'ailleurs quelque peu ambiguë, comme nous l'avons expliqué plus haut (nous n'avons pas trouvé de terme plus approprié). Quoi qu'il en soit, une comparaison directe de la méthode proposée ici à des méthodes plus habituelles n'aurait guère de sens, à moins de négliger les caractéristiques des stimuli utilisés. Cependant, lorsque des scores normatifs seront disponibles, il sera sans doute possible de comparer cette méthode à d'autres en termes de détection de performances pathologiques.

Il nous semble donc que l'intérêt principal de cette démarche est de pouvoir définir, en le nuancant, le caractère correct ou erroné d'une réponse, en prenant appui sur la réponse produite par la majorité des sujets du groupe contrôle ( $p$ ). En effet, une difficulté habituelle des tests, épreuves ou expériences où on demande au sujet de choisir librement est qu'on ne peut ensuite décider si sa réponse est correcte ou non : il s'agit plutôt d'une « préférence ». L'adaptation proposée ici nous semble par ailleurs généralisable à toute épreuve destinée à mesurer la perception catégorielle, y compris dans les modalités non visuelles.

---

## 1.6. REFERENCES

---

1. **Beale**, J.M., Keil, F.C. (1995). Categorical effects in the perception of faces. *Cognition*, *57*, 217-239.
2. **Bornstein**, M.H., Kessen, W., Weiskopf, S. (1976). Color vision and hue categorization in young human infants. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, *2*, 115-129.
3. **Bruyer**, R., Granato, P. (1999). Categorical effects in the perception of facial expressions: M.A.R.I.E., a simple and discriminating clinical tool. *European Review of Applied Psychology*, *49*, 3-10.
4. **Bülthoff**, I., Newell, F.N. (2004). Categorical perception of sex occurs in familiar but not unfamiliar faces. *Visual Cognition*, *11*, 823-855.
5. **Calder**, A.J., Young, A.W., Perrett, D.I., Etcoff, N.L., Rowland, D. (1996). Categorical perception of morphed facial expressions. *Visual Cognition*, *3*, 81-117.
6. **Campanella**, S., Chrysochoos, A., Bruyer, R. (2001). Categorical perception of facial gender information: behavioural evidence and the face-space metaphor. *Visual Cognition*, *8*, 237-262.
7. **Campanella**, S., Hanoteau, C., Dépy, D., Rossion, B., Bruyer, R., Crommelinck, M., Guérit, J.M. (2000). Right N<sub>170</sub> modulation in a face discrimination task: an account for categorical perception of familiar faces. *Psychophysiology*, *37*, 796-806.
8. **Campanella**, S., Hanoteau, C., Seron, X., Joassin, F., Bruyer, R. (2003). Categorical perception of unfamiliar facial identities and the face-space metaphor. *Visual Cognition*, *10*, 129-156.
9. **Campanella**, S., Quinet, P., Bruyer, R., Crommelinck, M., Guérit, J.M. (2002). Categorical perception of happiness and fear facial expressions: an ERP study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*, 210-227.
10. **De Gelder**, B., Teunisse, J.P., Benson, P.J. (1997). Categorical perception of facial expressions: categories and their internal structure. *Cognition and Emotion*, *11*, 1-23.
11. **Ekman**, P. (1992). An argument for basic emotions. *Cognition and Emotion*, *6*, 169-200.
12. **Ekman**, P., Friesen, W.V. (1976). *Pictures of facial affect*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
13. **Etcoff**, N.L., Magee, J.J. (1992). Categorical perception of facial expressions. *Cognition*, *44*, 222-240.
14. **Granato**, P., Bruyer, R. (2002). Measurement of the perception of facially expressed emotions by a computerized device. *European Psychiatry*, *17*, 339-348.

15. **Granato**, P., Bruyer, R., Révillion, J.J. (1996). Etude objective de la perception du sourire et de la tristesse par la méthode d'analyse et de recherche de l'intégration des émotions "MARIE". *Annales Médico-Psychologiques*, 154, 1-9.
16. **Harnad**, S., Ed. (1987). *Categorical Perception: the groundwork of cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
17. **Hsu**, S.M., Young, A.W. (2004). Adaptation effects in facial expression recognition. *Visual Cognition*, 11, 871-899.
18. **Kiffel**, C., Campanella, S., Bruyer, R. (2005). Categorical perception of faces and facial expressions: the age factor. *Experimental Aging Research*, 31, 119-147.
19. **Levin**, D.T., Beale, J.M. (2000). Categorical perception occurs in newly learned faces, other-race faces, and inverted faces. *Perception and Psychophysics*, 62, 386-401.
20. **Lieberman**, A.M., Harris, S., Hooman, H.S., Griffith, B.C. (1957). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology*, 54, 358-368.
21. **Macmillan**, N.A., Kaplan, H.L. (1985). Detection theory analysis of group data : estimating sensitivity from average hit and false-alarm rates. *Psychological Bulletin*, 98, 185-199.
22. **Plutchik**, R. (1980). *Emotion : a psychoevolutionary synthesis*. New York: Harper and Row.
23. **Shah**, R., Lewis, M.B. (2003). Locating the neutral expression in the facial-emotion space. *Visual Cognition*, 10, 549-566.
24. **Stevenage**, S.V. (1998). Which twin are you? A demonstration of induced categorical perception of identical twin faces. *British Journal of Psychology*, 89, 39-57.
25. **Young**, A.W., Rowland, D., Calder, A.J., Etcoff, N.L., Seth, A., Perrett, D.I. (1997). Facial expression megamix: tests of dimensional and category accounts of emotion recognition. *Cognition*, 63, 271-313.

# ANNEXE 7

---

## Mathematical analysis of categorical perception

---

Philippe Granato, Raymond Bruyer, Jean-Pierre Van Gansberghe<sup>†</sup>, Nawal Waucquier et Christian Libersa. (Soumis à PERCEPTION)

---

### 1.1. ABSTRACT

---

Continuous variations in the daily-life environment are perceived in a discrete manner, which defines categorical perception. Difficulties arise when one wishes to compare two or more curves expressing the perception as a function of variations of the stimuli under two or more conditions, because these distributions are sigmoid or threshold-like. By taking as example empirical observations related with categorical perception of facial expressions, we propose here a manner to fit the data to a logistic function, and to define a few indices allowing comparisons: the maximal slope of the curve, the abscissa of its point of inflexion, and the area under the curve. We think this method could be useful in studies related with categorical perception of any phenomenon

---

### 1.2. INTRODUCTION

---

Categorical perception (CP) is a fundamental property of perception, as it simplifies and reduces the complexity of the to-be-processed percept generated by the stimuli (Harnad, 1987). Indeed, even when a stimulus can take an infinite number of values between a minimum and a maximum, only a few numbers of categories are perceived. For instance, while the wavelength of the visible light can vary continuously between  $\pm 390$  and  $\pm 700$  nm (for the human species), seven different colours are seen, which is well revealed by the

perception of a rainbow: violet (390-430), indigo (430-460), blue (460-500), green (500-570), yellow (570-590), orange (590-610) and red (610-700). Thus, CP shows that the relationship between the stimulus and the perception is not a linear function but rather a threshold or sigmoid one. Consequently, the demonstration of a sharp category boundary is a diagnostic sign of CP.

In experimental psychology, CP has been demonstrated and studied since the influential reports on the discrimination of phonemes (Liberman, Harris, Hooman et Griffith, 1957) and the perception of colours (Bornstein, Kessen et Weiskopf, 1976; Boynton et Gordon, 1965). For example, with a speech synthesizer, one can vary continuously the voice-onset time between a minimum and a maximum, but the subject only hears two different phonemes, for example, /*ba*/ below a given value (the category boundary) and /*pa*/ above this value. For a long time, it was thought that CP was limited to basic sensory processes, like the perception of phonemes or colors. Thanks to the development of computers and image (and sound) processing softwares, it is now possible to make a continuous translation between a minimum and a maximum value of multidimensional complex stimuli. For instance, morphing techniques allow the progressive transition between a face and another face. By this way, numerous recent publications have revealed CP of emotional facial expression (Bruyer et Granato, 1999; Calder, Young, Perrett, Etcoff et Rowland, 1996; De Gelder, Teunisse et Benson, 1997; Etcoff et Magee, 1992; Granato et Bruyer, 2002; Granato, Bruyer et Revillion, 1996; Young, Rowland, Calder, Etcoff, Seth et Perrett, 1997), of face identity (Beale et Keil, 1995; Levin et Beale, 2000; Stevenage, 1998) and of face gender (Bülthoff et Newell, 2004; Campanella, et al. 2001) In the scientific process, once a phenomenon has been evidenced and well established, say CP, researchers generally design studies to explore factors that could affect it, in order to explain it.

Thus, one could ask whether CP of emotional expressions remains stable across the life-span, whether CP of face identity differs according to face familiarity, or whether CP is affected by brain damage or some other conditions (like developmental deficits or psychiatric diseases). This leads to some difficulties. Indeed, CP experiments typically produce results in the form of a sigmoid-like or threshold-like function. However, from such a non-normal function it is not allowed to calculate the traditional parameters like means, standard deviations or variances. As a consequence, comparisons of two or more functions can not be computed. Therefore, we need a technique such as the one we are proposing here.

Thus, two challenges are encountered, namely, to define adequate parameters of the distributions, and to design adequate statistical methods of comparison. The purpose of the present study is to offer a way to overcome the first challenge. To achieve this, we chose a mathematical approach because we wanted to benefit from the high-level fitting algorithms implemented in most computer algebra software packages, readily available to the medical and other sectors, in order to ensure that parameters were accurately computed. For future developments, we will make use of statistical methods to compare results obtained from these mathematical tools.

It is worth noting that a lot of statistical attempts already do exist in the literature (for example Damper et Harnad, 2000; Fry, Abramson, Eimas et Liberman, 1962; Gourevitch et Galanter, 1967; Guenter, Husain, Cohen et Shin-Cunningham, 1999; Lisker et Abramson, 1964; Neary et Hogan, 1986; Treisman, Faulkner, Naish et Rosner, 1995). These studies often use the probit analysis (see Finney, 1975; Powers et Xie, 2000) in the framework of the analysis of the psychometric fonction (see Klein, 2001; Wichmann et Hill, 2001). However, while this statistical approach is able to determine coefficients and likelihood of a model, it can not study important properties of the fonction (camber, equilibrium points, transition

thresholds, and so on: see the methods section), except the slope (Kaernbach, 2001; Strasburger, 2001). This is why a mathematical approach was preferred.

---

## 1.3. METHODS

---

### 1.3.1. Participants

---

One of the goals of this study was to develop standards or norms for the perception of facial emotional expressions in a mentally healthy population. Subsequently, such standards will be compared statistically to results from studies conducted with subjects suspected of mental pathologies in order to help diagnose such mental disorders and their severity.

This standardization is carried out with a population sample of 30 healthy subjects (15 females) selected in accordance with a series of criteria in order to ensure that the sample is homogeneous (education level, handedness, etc). Subjects were aged between 21 and 30 years, with normal or corrected to normal visual acuity.

---

### 1.3.2. Material

---

Each subject underwent a set of trials of recognition of emotions displayed by faces. The stimuli were prepared and displayed by means of MARIE, a computerized tool already described in detail elsewhere (Bruyer et Granato, 1999; Granato et Bruyer, 2002; Granato et al., 1996). In short, the stimuli were morphs drawn from 27 pairs of original photographs from Ekman and Friesen's series (Ekman et Friesen, 1975, with permission), each pair being made of two basic emotional expressions, labelled A and B in what follows, displayed by the same poser. Three posers were selected (the Blond girl, the Brunette, the Man), each of them displaying seven expressions: afraid, angry, disgusted, happy, neutral, sad, and surprised. For the present study, nine

pairs of expressions were selected for each poser: angry-afraid, angry-sad, happy-sad and all combinations of the neutral with the remaining six expressions. For each pair, 17 intermediate morphs were prepared, and physical differences between morphs were made smaller around the middle of the series than near the endpoints, to explore more finely the critical region around the category boundary.

Thus, the contribution of picture B in AB morphs was 0, 10, 20, 30, 35, 38, 41, 44, 47, 50, 53, 56, 59, 62, 65, 70, 80, 90 and 100%. Therefore, this led to a series of 19 stimuli (including the original photographs; Figure 1 for an example) for each pair of expressions and poser: a total of 3 posers x 9 pairs of expressions x 19 = 513 stimuli. First, the order of the 9 pairs of expressions was selected at random for each subject; then, within each pair, the same order was used: Blond girl, Brunette, Man; finally, the 19 stimuli of each series were shown in a random order, with the exception that the last two stimuli were systematically the original photographs (to avoid biases in the identification of intermediate morphs).



**Figure 1-** *The happy/sad series for the Blond. The most left picture depicts the "pure" happy expression (A); the most right picture depicts the "pure" sad expression (B); the remaining 17 pictures are ranked by increasing values of the contribution of B to the picture.*

---

### 1.3.3. Procedure

---

For each stimulus (size of the picture= 10 x 18 cm; viewing distance= 40 cm), the subject had to choose between two responses (A and B, e.g., angry and afraid), by depressing the left (A) or right (B) button of the mouse. The two corresponding labels were displayed on the left and right side of the stimulus.

---

### 1.3.3.1. Control pretest

---

It is important to note that each stimulus was shown only once to the subject. This resulted from the main purpose of our program research, that is to say, to design a diagnostic test, not too long and easy to use in clinical settings (and not to run a psychophysical experiment). By sake of security, a control pretest was planned, involving 13 new healthy subjects (6 females) aged between 29 and 41 years (mean= 35; SD= 5), with five repetitions of the 9 X 3= 27 emotional series. The criterion of stability of responses across repetitions was set as at least four identical responses out of five (i.e. an agreement of at least 80%). The mean index of stability was computed for each of the 3 (posers) X 9 (series) X 19 (pictures) = 513 combinations. The general mean was 93.1 % (Blond girl= 93; Brunette= 92.5; Man= 93.9). The criterion of 80% was reached for 481 values (an agreement of

100% was observed for 108 of the 481 values). The remaining 32 values were tested against 80%, by means of unilateral Student t tests. No value differed significantly from 80. Consequently, it appeared that the single-trial procedure was sufficiently error-prone. **Data analysis**

The dependent variable was the number of subjects, out of 30, who chose expression B. Thus choices pooled over subjects display the various sensibilities existing among the group. Thus, interindividual differences, which reflect the variety of sensibilities in the population, are taken into consideration by the synthesizing process. Table 1 shows the results.

PICTURES:			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
A	B	%A:	100	90	80	70	65	62	59	56	53	50	47	44	41	38	35	30	20	10	0
		%B:	0	10	20	30	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65	70	80	90	100
<b>BLOND GIRL</b>																					
angry	afraid		0	0	0	0	3	10	9	21	21	20	22	24	27	30	30	27	30	29	30
angry	sad		0	0	1	3	5	6	5	23	20	24	27	25	27	30	30	30	29	30	30
happy	sad		0	0	0	0	3	5	2	14	15	21	25	22	30	29	29	30	30	29	30
neutral	angry		0	0	0	1	4	11	9	14	18	21	21	24	29	29	29	29	29	30	29
neutral	disgusted		0	0	0	4	13	23	21	28	28	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
neutral	happy		0	0	4	4	11	30	7	25	27	30	29	24	29	29	29	29	29	30	30
neutral	afraid		0	0	1	8	17	28	21	29	29	30	30	28	30	30	30	30	30	30	30
neutral	surprised		0	0	1	0	4	10	12	19	17	23	27	22	29	29	30	29	30	30	29
neutral	sad		0	0	0	1	4	21	7	20	21	26	28	25	30	29	30	30	30	29	29
<b>BRUNETTE</b>																					
angry	afraid		0	0	1	2	5	16	12	22	23	19	21	21	28	29	27	29	30	29	30
angry	sad		0	0	1	5	14	25	18	27	26	29	28	27	30	28	30	30	30	30	30
happy	sad		0	1	1	7	9	27	15	30	25	30	30	27	30	30	29	29	30	30	30
neutral	angry		0	0	1	0	1	2	4	7	7	12	18	17	24	26	29	29	30	30	30
neutral	disgusted		0	0	0	1	2	9	9	16	11	20	27	25	30	30	30	30	30	30	30
neutral	happy		0	1	1	4	5	26	12	25	20	25	29	26	29	28	29	30	30	30	30
neutral	afraid		1	0	1	0	2	27	8	27	20	30	30	29	30	29	30	30	30	30	30
neutral	surprised		1	0	0	1	4	1	2	8	9	17	18	19	29	28	30	27	30	29	30
neutral	sad		0	0	6	11	21	29	19	30	30	30	30	29	29	29	29	30	29	30	30
<b>MAN</b>																					
angry	afraid		0	0	1	4	7	13	19	22	26	25	27	27	30	29	30	30	30	30	29
angry	sad		0	0	3	4	3	10	5	20	20	25	27	27	28	29	29	28	30	28	30
happy	sad		0	1	0	1	3	9	3	21	21	29	26	26	30	30	30	30	29	29	30
neutral	angry		0	0	0	0	0	1	1	2	5	12	8	17	24	24	28	29	30	30	29
neutral	disgusted		0	0	0	1	3	18	8	24	24	26	29	22	30	28	30	30	30	30	30
neutral	happy		0	0	4	10	13	29	16	27	25	29	30	29	39	29	30	30	30	30	30
neutral	afraid		0	0	0	3	13	28	19	30	28	29	30	30	30	29	30	30	30	30	30
neutral	surprised		0	0	2	0	3	18	15	24	28	26	30	30	29	29	30	30	30	30	30
neutral	sad		0	0	1	1	4	12	7	15	19	18	27	24	28	29	30	30	29	29	30

**Table 1-** Number of subjects, out of 30, who chose emotion B, for each picture of each series

These values were then analyzed to fit them to an adequately selected mathematical model.

This model will furnish normative values for subsequent comparisons.

---

### 1.3.3.2. Selecting the model

---

Visual inspection of data collected with MARIE clearly revealed that they were distributed according to a symmetric sigmoid law (S-shaped curve). On the other hand, CP predicts a threshold or sigmoid relation between the proportion of subjects who chose expression B and the contribution of B in the picture shown (in percentage of pixels). This observation means that we were offered a choice between six possible mathematical models:

- the hyperbolic tangent function:  $\tanh(t) = \frac{e^{2t} - 1}{e^{2t} + 1}$

- the Gompertz model :  $f(t) = a \cdot e^{-e^{b-c \cdot t}}$

- the Richards model:  $f(t) = \frac{a}{\left(1 + e^{b-c \cdot t}\right)^{1/d}}$

- the Morgan, Merger & Flodin (MMF) model :  $f(t) = \frac{a \cdot b + c \cdot t^d}{b + t^d}$

- the Weibull model :  $f(t) = a - b \cdot e^{(-c \cdot t^d)}$

- the Logistic model :  $f(t) = \frac{a}{1 + b \cdot e^{-c \cdot t}}$

To select the one that was considered as the best one, we fitted a sample of data with each of these models, imposing four criteria. **First**, the selected model must have an adequate number of parameters which can be computed in order to optimize the fitting process. **Secondly**, parameters must be minimally covariant to minimize computation constraints. **Thirdly**, the number of constants needs to be minimum to preserve model flexibility. And **fourthly**, the model must have symbolic (as opposed to numeric) solutions to compute derivatives and integrals to allow it to be used for all occurring cases. As an additional criterion, we also wanted to use mathematical tools that proved to be adequate in other sectors of social and

human sciences, such as psychometry, in order to benefit from their familiarity to experimenters and experience collected by them.

One immediately notes that the hyperbolic tangent function does not meet one of our criteria as it has no parameter, which makes it entirely inflexible. The remaining five models have been tested with collected experimental data in order to determine which of them allowed the best fit. This assessment was based on the standard error relation which needs to be minimal:

$$S = \sqrt{\frac{\sum [y_i - f(x_i)]^2}{n_{points} - n_{param}}}$$

(where  $n_{points}$  is the number of observations and  $n_{param}$  the number of parameters). The assessment was also based on the correlation coefficient

$$r = \sqrt{\frac{S_t - S_r}{S_t}}$$

which needs to be maximal, where  $S_t$  is the data dispersion around the mean, i.e.

$$\sum (\bar{y} - y_i)^2$$

and  $S_r$  is the data dispersion around the model, i.e.

$$\sum (y_i - f(x_i))^2$$

In each instance of this test, the model with the best score in terms of standard error and correlation coefficient was the logistic model. In addition, as our main goal was to investigate the degree of categorization achieved by the healthy subjects (which involves calculating

intermediate values such as coordinates of the inflexion point, abscissa of the transition thresholds, abscissa of the equilibrium points, gain of the function, etc.; see below), we were mainly interested in functions that can be derived twice, that can be integrated, and that have an adequate number of uncorrelated (or minimally correlated) parameters to cater for scale, shape and steepness of the data plot. These considerations led us to reject the Gompertz model whose inflexion point is set at 36.8% of the higher asymptote, an unacceptable constraint, the Richards model whose parameters are heavily covariant, the MMF model whose parameters are poorly related with the shape and scale characteristics. The Heaviside threshold function was not considered as it does not allow for any much-desired investigation of the region located around the inflexion point (which it has no) where the categorization phenomenon takes place. The Weibull model displayed poor behaviour in terms of overall stability and convergence capacity and obtained lower scores than the logistic model at the standard error and correlation tests.

The logistic model is used for numerous scientific and technical studies involving dynamic systems where the investigated phenomenon evolves in an inhibited way, i.e. growth is limited by an inherent factor when the system approaches a set value (the carrying capacity). The model is thus constructed as a composite equation with one term describing an exponential-type growth and the other term applying a damping factor on the first one. Inhibited growth is what we are dealing with as the number of B choices by participants (that is, the second emotion displayed in an emotional pair) can not be larger than the number of participants. Thus the system carrying capacity is always equal to the size of the population sample.

---

### 1.3.3.3. Rebuilding the logistic model

---

Putting together our logistic model, we started by selecting a simple damping factor  $f(z)$  having the form of an inverse exponential function

$$f(z) = \frac{1}{1 + e^{c \cdot z}}$$

which reaches value 1 when  $z$  tends towards  $-\infty$  and value 0 when  $z$  tends towards  $+\infty$ .

Combining the damping factor with an exponential function  $e^{c \cdot z}$ , we get

$$f(z) = e^{c \cdot z} \cdot \frac{1}{1 + e^{c \cdot z}} = \frac{e^{c \cdot z}}{1 + e^{c \cdot z}} = \frac{1}{1 + e^{-c \cdot z}},$$

which is the non-parametric formula of the simple logistic model. In these formulas, the  $c$  parameter is inherited from the ordinary differential equation, initially developed to study population growth, and represents the initial growth rate. The simple non-parametric logistic model lacks the flexibility that we needed to fit data that can substantially vary from one experimental instance to the other. Indeed, certain emotional pairs are more difficult to perceive than others. Consequently, when recognition of expression B becomes difficult, the graph shifts to the right of the Cartesian system. So, to provide this essential flexibility, we added an extra location parameter ( $b$ ) as a factor of the exponential. For ease of analyzing the graph, we also added a scale parameter ( $a$ ) to extend the scale of the ordinate axis to 100 (%). Finally, our model became

$$y = f(x) = \frac{a}{1 + b \cdot e^{-c \cdot x}},$$

where  $a$  is the scale parameter,  $b$  the location parameter, and  $c$  the slope parameter ( $y$  is the number of responses "B" predicted by the model, and  $x$  the proportion of B in the

morph). As this model is implemented in most computer algebra packages (such as Mathcad® and CurvExpert®) it is a tool easily available to experimenters interested in using it for further trial purposes.

The next step was to compute values for the three model parameters. This was achieved by way of logistic regression.

---

#### 1.3.3.4. Assessing a, b and c: logistic regression

---

Logistic regression is an iterative process whereby different values for parameters are tested at each iteration interval against a merit function, until this function reaches a stable minimum. Indeed, the merit function measures the agreement between observed data and the data provided by a fitting model for a particular selection of model parameters; as a rule, the merit function is small when agreement is good. On the other hand, the goodness-of-fit is tested by the calculated correlation coefficient between two vectors, namely a vector of observed values and a vector of values predicted by the logistic model. This provided us with a quantified indication of how well the model represents the observed data.

There are quite a number of available merit functions. As we were mainly interested in a function that was implemented in most computer algebra packages, we opted for the chi-square

$$\chi^2(\bar{a}) = \sum_{i=1}^N \left[ \frac{y_i - y(x_i; \bar{a})}{\sigma_i} \right]^2$$

where  $\bar{a}$  is a vector of model parameters,  $N$  is the number of stimuli in the emotional series ( $N= 19$ ),  $i$  is a given stimulus of the series,  $x_i$  is the contribution of B (in percent) in the stimulus  $i$ ,  $y_i$  is the proportion of responses "B" to the stimulus

$$i, y_i - y(x_i; \vec{a})$$

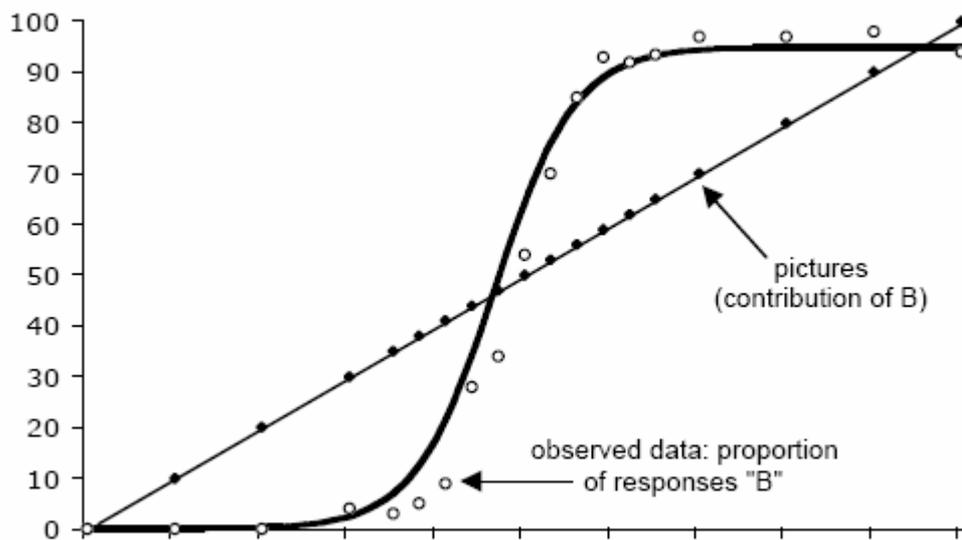
is the residual at point  $i$  (i.e., the difference between the observed data and the data predicted by the model), and  $\sigma_i$  is the standard deviation (uncertainty) at point  $i$ .

Chi-square functions are widely used, both in statistics and mathematics, to evaluate the goodness-of-fit of observed data to a model (Selvin, 2004). The difference between the two approaches lies in the way these functions are used. For statistics, they mainly serve to test the so-called "null hypothesis" which allows to either adopt or reject a model (i.e. as fairly representing the phenomenon or not). Distribution of errors (residuals) is assumed to follow a Gaussian law, i.e., errors are independent of each others and are to the random type. The Gaussian assumption is often hard to stand up for and, in any way, difficult to check (because one does not know *a priori* whether the selected model is actually the best one). In fact, it has been shown (see Press, Teukolsky, Vetterling et Flannery, 1992, for instance) that, in numerous cases, the error distribution is not Gaussian. For the mathematical approach, the main interest for the chi-square merit function rests with its close association with highly efficient fitting algorithms. Indeed, the model adequacy has already been proven by calculating the correlation between observed and predicted data. Correlation coefficients ranged from 0.942 to 0.997 i.e. high enough to warrant the model suitability. Therefore, our interest was to use the chi-square function as a way to minimize residuals of the least square fitting and not to check the model.

This function is known for its robustness and merely shows the difference between observed and predicted values compared to the standard deviation at point  $i$ . A good fit is obtained when the function reaches a minimum, that is when  $y(x_i; a)$  and  $y_i$  only differ by a small value.

To calculate values for the three parameters in vector  $\vec{a}$ , we needed an algorithm that would, at each iteration step, simultaneously test values for each parameter against the merit function and use the resulting function value to adjust the iteration step accordingly. There are several such algorithms available, the most popular being the Gauss-Newton method which uses iterative linear regression steps to minimize the merit function. However, this method does not quite satisfy our requirement as there are times when it can not converge to a solution when guessed initial values are too far from a solution. Therefore, we selected the Levenberg-Marquardt algorithm which combines the steepest descent and the Gauss-Newton methods, thus enabling convergence to occur whether the current solution is far from the correct one (steepest descent) or close to it (Gauss-Newton). For more details about the underlying rationale of this method, see More (1977).

The Levenberg-Marquardt algorithm provided us with the value of the three model parameters ( $a$ ,  $b$  and  $c$ ) for each of the 27 series. Computation of the standard errors and the correlations between predicted values and observed data insured us that the fits were of good quality (see the Results section). The resulting distributions were graphed, and a stimuli distribution line was added (projecting the abscissa axis on a diagonal straight line) for the purpose of illustrating the categorization phenomenon. This diagonal has equation  $g(x) = x$ . Figure 2 is an illustration of the resulting graph.



**Figure 2-** A typical curve resulting from the logistic regression.

---

## 1.4. PROPERTIES OF THE CURVES

---

Thanks to the parameters, the computation of several relevant properties of the curves was made possible (see Figure 3). The maximal value of the first derivative supplied us with the highest *slope* (or *camber*) of the curve; this value is then transformed in degrees (as the computations are

made in radians, and 1 rad= 57.296 deg.). Thus

$$Slope = \tan^{-1} \left( \max \left( \frac{d}{dT} y_i \right) \right) \cdot 57.296 .$$

The value of  $y_i$  where this maximal slope is observed corresponds to the *inflexion point* of the curve, that is to say, the point where the second derivative = 0. *Co-ordinates of the inflexion point* were computed by calculating the abscissa

$$\frac{\ln(b)}{c}$$

and the ordinate as  $a / 2$ . The abscissa supplied us with the contribution of B in the (virtual) picture for which the number of responses "B" would be 50%, and can be considered in comparison to the morph where the contribution of B is 50%, i.e. where  $x_j = 50$ . The *lapsing rate*, defined as  $100 - a$ , is an indication of how much the group of subjects encountered difficulties in discriminating between the displayed emotions.

### 1.4.1. The sensitivity

The sensitivity is measured by the area under the sigmoid curve from 0 to 100% (the model integral) and shows the degree of sensitivity of the group to the emotion B. The kind of data collected by means of MARIE precludes the use of traditional measures of sensitivity as  $d'$  or  $A'$ . This is why the integral was considered as an "***index of the sensitivity***" of the subjects to the expression B in the AB bipolar series (bipolar because A and B are two different emotional expressions, as in the pair angry-sad), and of the "**absolute sensitivity**" of the subjects to the expression B in monopolar series (monopolar because A is the neutral expression, as in the pair neutral-sad).

### 1.4.2. The transition thresholds

***The transition thresholds*** are points of the curve where the ratio between the percentage of B responses and the percentage of B in the stimulus reaches a value of 1 :  $y_i / x_j = 1$ . Thus, when the gain becomes higher than 1 (first transition threshold), categorization starts, and when the gain becomes again lower than 1 (second transition threshold), categorization finishes. Transition threshold abscissas ( $x_j$ ) are computed by forcing the model first derivate to 1 and inferring the corresponding abscissas.

---

### 1.4.3. Equilibrium points

---

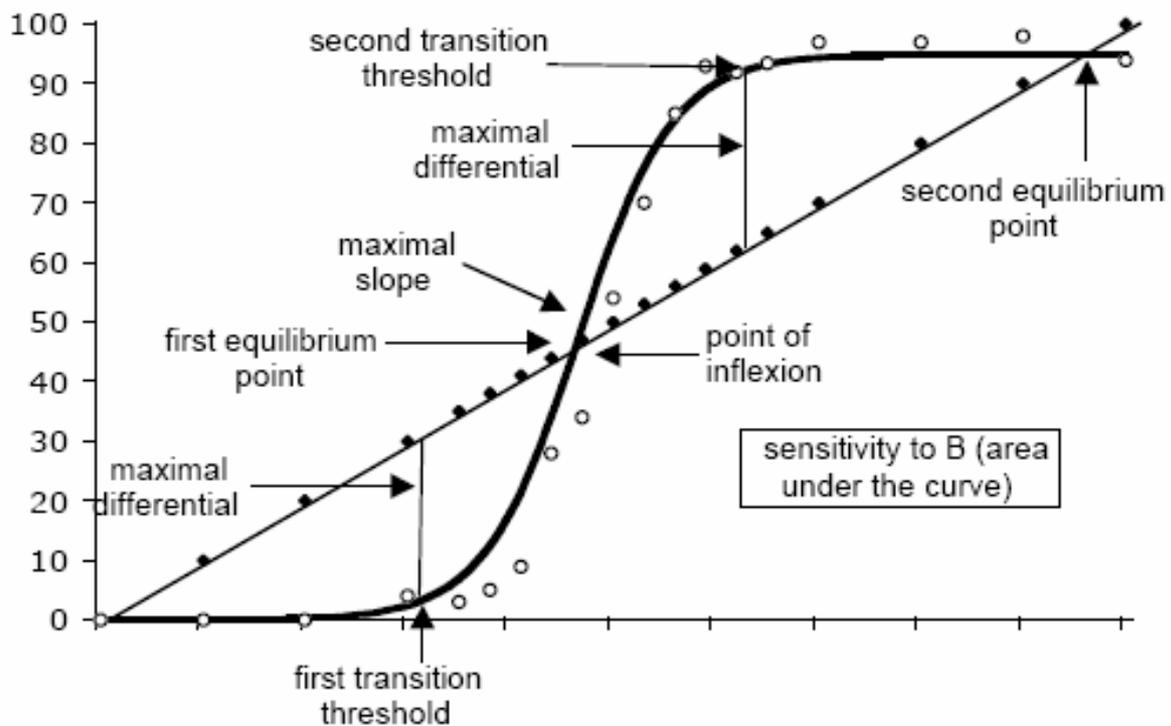
**The equilibrium points** are defined as the loci where percentage of response B equals percentage of B in the stimuli ( $x_i = y_i$ ), i.e. when the function crosses the diagonal. Thus, abscissa of an equilibrium point is computed by equalling the model to the equation of the stimuli distribution diagonal line  $g(x)$ .

---

### 1.4.4. Maximum differentials

---

**Maximum differentials** correspond to the highest difference between percentage of responses "B" ( $y_i$ ) and percentage of B in stimuli ( $x_i$ ); therefore, maximum differentials are measured at the transition thresholds. Equilibrium points and maximum differentials will be used to compute the categorization coefficient.



**Figure 3-** Properties of the curve

---

### 1.4.5. Categorization

---

Our main goal was to build standards based on the task that mentally healthy subjects put to work to discriminate between an emotion and another, and to graphically display the result of this process. For this purpose, we assumed that a measure of categorization was to be related to the convexity-plus-concavity of the segments of the sigmoid curve delimited by the equilibrium points: the more convex-plus-concave the curve is, the more categorization is displayed. In the hypothetical case of "perfect" categorization, all subject's choices would be "A" from abscissa 0 to the abscissa of the inflexion point and would always be "B" beyond that point. The model would then be a Heaviside (step, or all-or-none) function. However, such distribution is purely theoretical as sensitivity to facially expressed emotions will vary from one subject to another. A categorization coefficient is thus measured as a percentage of the maximum (i.e. perfect) achievable one, that is, one measures the deviation (errors) from the perfect case. To measure concavity and/or convexity, we computed first the ratio between each maximum differential and the corresponding segment of the diagonal line (i.e., the segment between 0 and the first equilibrium point, and between the first and the second equilibrium point, respectively). As each segment is the hypotenuse of a right angled triangle whose the other sides are know thanks to the co-ordinates of the equilibrium points, Pythagora's law applies. Then, the sum of both ratios is expressed as a percentage of the virtual perfect categorization coefficient (i.e., a squared function with 0% responses "B" on the left side of the category boundary and 100% on the right side). This resulting value is the *categorization coefficient*.

---

## 1. 5. Results and discussion

---

CP predicts a threshold or sigmoid relation between  $y_i$  the proportion of subjects who chose expression B, and  $x_i$  the contribution of expression B in the morph  $i$ . Table 2 displays, for each

series, the values of  $a$ ,  $b$  and  $c$ , the correlation between observed data and expected values given the selected function, and the standard errors.

We note that fits were of good quality, with correlation coefficients varying between 0.804 and 0.907, and standard errors between 16.47 and 26.57.

	correl.	std.error	a	b	c
<b>BLOND GIRL</b>					
angry-afraid	0.895	18.41	96.39	2429	0.181
angry-sad	0.875	20.56	97.78	20830	0.232
happy-sad	0.882	20.68	98.93	26070	0.218
neutral-angry	0.907	17.16	99.19	1149	0.157
neutral-disgusted	0.830	22.90	99.83	25730	0.285
neutral-happy	0.809	23.93	97.74	637 885	0.178
neutral-afraid	0.816	22.72	99.20	7776	0.270
neutral-surprised	0.889	18.83	97.70	2562	0.182
neutral-sad	0.854	22.02	98.83	2201	0.187
<b>BRUNETTE</b>					
angry-afraid	0.905	16.47	96.72	271 153	0.135
angry-sad	0.849	20.74	97.35	3657	0.233
happy-sad	0.824	22.87	98.73	3372	0.228
neutral-angry	0.902	18.36	101.17	9575	0.175
neutral-disgusted	0.889	19.84	102.03	3563	0.178
neutral-happy	0.853	21.11	97.99	701 991	0.171
neutral-afraid	0.804	26.57	99.67	9956	0.235
neutral-surprised	0.889	19.96	99.18	23050	0.200
neutral-sad	0.806	21.82	99.36	349 116	0.190
<b>MAN</b>					
angry-afraid	0.877	19.32	98.05	4971	0.217
angry-sad	0.873	19.99	96.84	19200	0.230
happy-sad	0.850	23.26	98.75	50880	0.254
neutral-angry	0.880	20.76	99.74	91500	0.209
neutral-disgusted	0.856	22.12	97.20	12720	0.234
neutral-happy	0.838	20.86	99.91	240 056	0.162
neutral-afraid	0.809	24.45	99.35	28320	0.296
neutral-surprised	0.842	23.12	98.97	115300	0.297
neutral-sad	0.896	18.32	99.69	1708	0.166

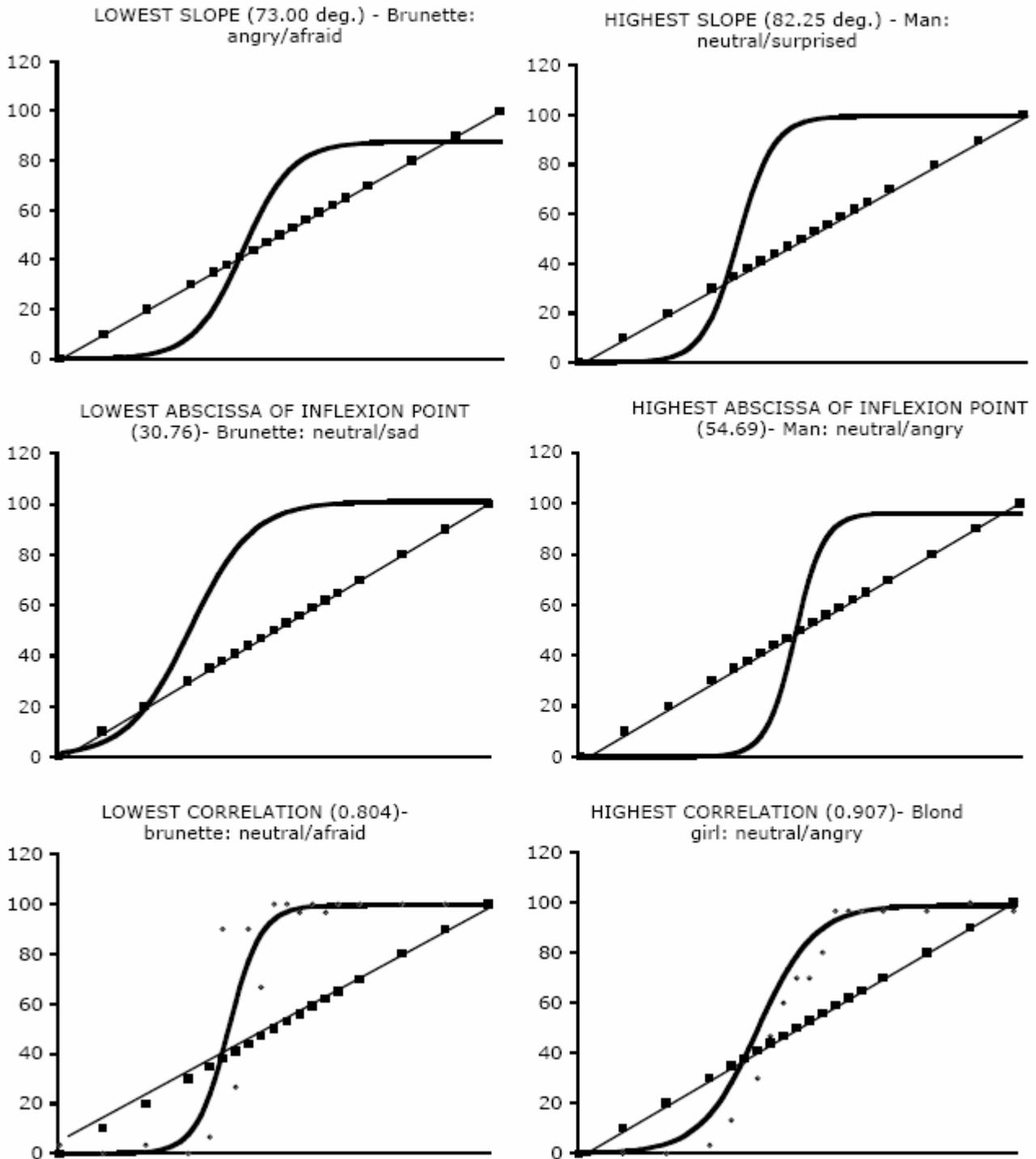
**Table 2-** Technical characteristics of the 27 logistic curves fitting empirical data: quality of fit (correlation coefficient and standard error) and parameters ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ).

Then, Table 3 shows the relevant properties of the 27 curves: inflexion point (slope, abscissa, ordinate), lapsing rate, sensitivity, abscissas of the first and second transition thresholds and of the first and second equilibrium points, left and right maximum differentials, and

categorization coefficient. Figure 4 shows six of the 27 curves, illustrating variations of slopes, of localizations of the point of inflexion, and of correlations between the observed and expected values.

	inflexion point			lapsing rate (100-a)	sensitivity	transition thresholds		equilibrium points		maximum differentials		categorisation coeff. (%)
	slope (deg.)	abscissa	ordinate			first (abscissa)	second (abscissa)	first (abscissa)	second (abscissa)	left	right	
<b>BLOND GIRL</b>												
angry-afraid	77,06	43,16	48,20	3,61	5479	28,04	58,28	41,64	96,39	22,14	32,22	56,18
angry-sad	79,98	42,95	48,89	2,23	5578	29,89	56,02	41,67	97,77	25,36	37,23	63,80
happy-sad	79,51	46,58	49,46	1,07	5284	32,96	60,20	45,93	98,93	28,15	33,91	62,83
neutral-angry	75,59	44,90	49,60	0,81	5465	28,32	61,48	43,27	99,17	21,48	30,87	52,58
neutral-disgusted	82,00	35,62	49,91	0,17	6427	24,13	47,10	33,17	99,83	20,49	49,09	67,92
neutral-happy	77,04	36,33	48,87	2,26	6222	20,98	51,67	32,38	97,74	14,99	40,07	53,96
neutral-afraid	81,50	33,20	49,60	0,80	6626	21,32	45,09	30,13	99,20	17,46	50,25	65,55
neutral-surprised	77,35	43,04	48,85	2,30	5565	27,92	58,16	41,34	97,70	22,09	33,71	56,80
neutral-sad	77,77	41,23	49,42	1,17	5808	26,25	56,21	38,92	98,83	20,57	36,94	57,42
<b>BRUNETTE</b>												
angry-afraid	73,00	41,42	48,36	3,28	5663	23,70	59,14	38,30	96,66	15,63	29,51	45,83
angry-sad	80,00	35,09	48,67	2,65	6319	22,10	48,07	38,30	97,35	17,60	44,78	61,94
happy-sad	79,93	35,61	49,36	1,27	6357	22,37	48,84	32,49	98,73	17,78	45,29	61,73
neutral-angry	77,24	52,51	50,58	-1,17	4804	36,78	68,25	53,08	101,15	30,68	26,83	56,97
neutral-disgusted	77,59	45,90	51,02	-2,03	5520	30,30	61,50	44,45	102,03	24,34	34,57	57,57
neutral-happy	76,59	38,28	49,00	2,01	6047	22,58	53,99	34,80	97,99	16,34	37,77	53,52
neutral-afraid	80,33	39,11	49,84	0,33	6069	26,09	52,13	36,84	99,67	21,65	43,10	63,87
neutral-surprised	78,58	50,31	48,59	0,82	4928	35,90	64,71	50,49	99,17	30,61	29,17	60,46
neutral-sad	78,06	30,76	49,68	0,64	6878	15,92	45,60	25,05	99,36	10,36	48,19	53,26
<b>MAN</b>												
angry-afraid	79,37	39,17	49,03	1,95	5965	25,56	52,78	36,83	98,05	20,72	40,43	61,33
angry-sad	79,83	42,49	48,42	3,16	5535	29,78	55,91	41,62	96,84	25,22	36,37	63,42
happy-sad	80,93	42,69	49,37	1,25	5659	30,34	55,05	41,41	98,75	26,23	39,59	66,39
neutral-angry	79,13	54,69	49,87	0,26	4520	40,65	68,73	55,84	99,74	35,61	25,98	61,65
neutral-disgusted	80,02	40,43	48,60	2,80	5791	27,47	53,38	38,65	97,20	22,98	39,34	63,51
neutral-happy	76,15	33,77	49,96	0,09	6615	17,44	50,09	27,94	99,91	10,85	43,23	49,59
neutral-afraid	82,25	34,67	49,67	0,65	6490	23,48	45,86	32,18	99,35	19,98	49,98	68,45
neutral-surprised	82,25	39,25	49,48	1,03	6012	28,11	50,40	37,06	99,97	24,62	45,08	69,68
neutral-sad	76,45	44,72	49,85	0,31	5511	28,64	60,79	43,07	99,68	22,22	32,48	54,64

**Table 3-** Values of the relevant properties of the curves.



**Figure 4-** Six of the 27 computed curves, to illustrate the variations (minimum, maximum) of the maximal slope, of the abscissa of the point of inflexion, and of the correlation between expected values and empirical data (added in the graphs of the third row). There is no graph to illustrate variations of the sensitivity (integral), as it is inversely linked to the abscissa of the point of inflexion. Similarly, there is no graph to illustrate variations of the categorization coefficient, as it is positively linked to the slope.

CP appears to be verified for all curves, as we observe a rather sharp boundary between pictures leading to a comfortable majority of responses "A" and pictures leading to a respectable majority of responses "B". In support of that, extrema of the maximal slopes are 73 and 82.25 degrees, and the mean categorization coefficient is 60 ( $\pm 6$ ) %. Nevertheless, as can be seen in Table 3 and Figure 4, some variation does exist between the curves, which means that the mathematical tool is sensitive enough. Let us consider, for instance, the abscissa of the inflexion point. It corresponds to the (virtual) morph for which 50% of subjects would respond "A" and 50% "B": the locus of maximal uncertainty ( $y_i = 50$ ). This locus can be interpreted by considering the locus of the picture where the contribution of B is 50% ( $x_i = 50$ : picture 10). The mean localization of this uncertainty point is 41.5, that is to say, a picture in which the contribution of A would be 58.5%: the "perceptual" center of the series is not identical to the "physical" center. Moreover, this Perceptual center varies as a function of the series, between 30.8 (Brunette, neutral/sad) and 54.7 (Man, neutral/angry).

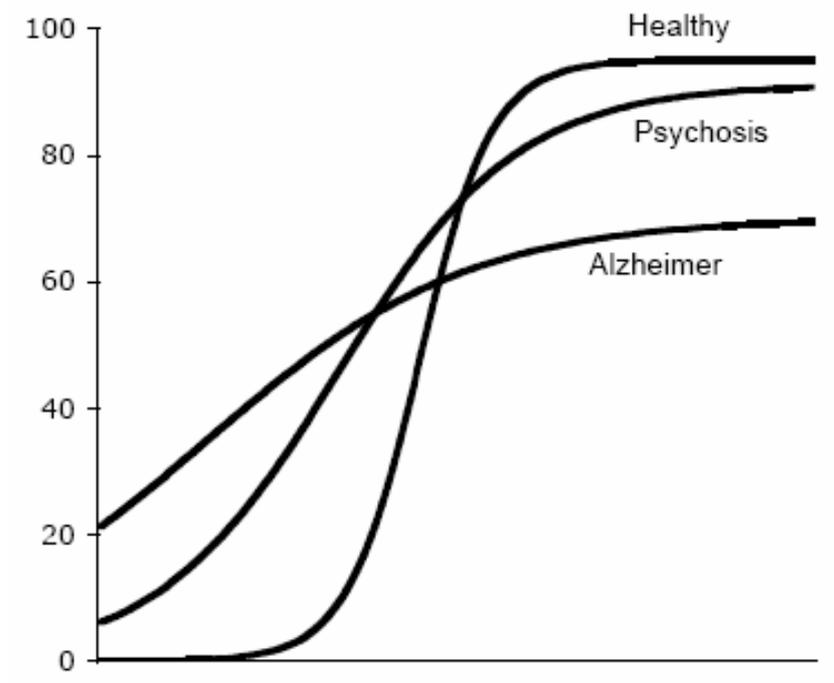
In this respect, an interesting additional property can be computed, namely, the width of the "uncertainty window" around the boundary. It seems reasonable to estimate this width by the difference between the abscissas of the two transition thresholds; probably, this difference is dependent of the slope. The mean difference is 28.2 (about one quarter of the entire 0-100 scale), with variations between 23 (Blond girl, neutral/disgusted) and 35.4 (Brunette, angry/afraid). Now, while the angry/afraid series displayed by the Brunette has indeed the lowest slope, the slope of the neutral/disgusted series displayed by the Blond girl is not the highest one: accordingly, the width of the uncertainty area is not entirely constrained by the slope, even if the slope is probably the major determinant of it (correlation coefficient between the slope and the width of the window = -0.99). We note in passing that the picture formed with 50 percent of "A" pixels and 50 percent of "B" pixels is situated within the uncertainty window in 21 of the 27 series. Exceptions are the neutral/disgusted series for the Blond girl, the neutral/afraid series for the Blond girl and the Man, and the angry/sad,

happy/sad and neutral/sad series for the Brunette. Thus, in four instances, expression A was neutrality.

Now, it is worth recalling that the dependent variable was the number of responses "B", an arbitrary decision. As subjects' choices were mandatory, the rate of responses "A" is the complement, that is to say,  $100 - y\%$ . Consequently, interpretation should not be limited to "the recognition of expression B". For instance, the abscissa of the earliest first transition threshold is 15.92 (Brunette, neutral/sad), which means both that sadness is easy to detect in a morph where the other "expression" is neutrality, and that neutrality is difficult to "see" in a morph where the other expression is sadness. In support of that, we note that it is easier to see neutrality when the other expression is anger, particularly in the Man (abscissa= 40.65).

CP was expected mainly for bipolar series, while this prediction was less firm for monopolar series. Indeed, in this case what is measured is a kind of "absolute threshold" on an unidimensional scale of emotional intensity. Consequently, the slope and the width of the uncertainty window of the monopolar curves should be less important than those of bipolar curves. Also, one can expect that the abscissa of the (virtual) picture leading to 50% responses "B" would be lower for monopolar than for bipolar series. This was not verified, however, as the mean slope of the nine bipolar series was 78.8 deg. versus 78.7 for the 18 monopolar series, the mean widths of the window were 27.7 and 28.5 for the bipolar and monopolar series, respectively, and the abscissa of the "uncertainty picture" was 41 for bipolar series against 41.8 for monopolar ones. Whatever this observation, we note that, for series where expression A is neutrality, CP actually applied, indicating that classical Fechner's psychophysical law was not the rule. Indeed, this law establishes that the intensity of the sensation is a logarithmic function of the intensity of the stimulus.

Finally, to illustrate the potentiality of the normative parameters proposed here, Figure 5 shows, for the series angry/afraid displayed by the Blond girl, a superposition of sigmoid functions computed from the results of 204 healthy subjects aged between 21 and 70 years, 33 neurological patients suffering of moderate Alzheimer's disease, and 35 psychiatric patients suffering of psychosis (these data are parts of forthcoming publications). Visual inspection of the graph leads to an optimistic consideration of the discriminative power of our tool (see Figure 5).



**Figure 5-** Comparison between a sample of 204 healthy subjects aged between 21 and 70 years, a group of 33 patients suffering of moderate Alzheimer's disease, and 35 patients suffering of psychosis (the Blond girl, angry/afraid series).

---

## 1.6. CONCLUSION

---

Firstly, it can be seen that the fit of observed data to data predicted by the logistic function was very good. Secondly, we note that the contribution of B for which half the subjects would choose A and the other half would choose B, was lower than 50, even if it varied between 30.8 and 54.7, which suggests some effects of the poser and/or of the emotional series. Thirdly, the categorical nature of the processing seemed to be well supported, as slopes varied between 73 and 82.2 deg. With respect to slopes, it remains to define the value from which perception can no longer be considered as categorical. Finally, we were unable to evidence difference between monopolar and bipolar series, which rejoins the idea according to which the « neutral » expression would not be an absence of emotional expression, but a true expression (Shah et Lewis, 2003).

We are convinced that this way of analysing CP is promising, and overcomes the first challenge mentioned above, i.e., « to define adequate parameters of the distributions ». This standardization allows the use of this tool independently of the kind of stimuli, the number of subjects, or the number of stimuli in the series. In addition, some parameters are suggested -particularly the maximal slope of the curve and the localisation of the point of inflexion-- that could be used in conventional statistical analyses to compare different conditions liable to qualify CP. A tool like the present one should be of interest for psychologists studying categorical perception, but also for physicians, physiologists and neuropsychologists investigating the effects of brain damage or of aging on the perception of faces, facial expressions and speech, sociologists and anthropologists interested by social and cultural differences in the perception of faces and facial expressions as well as the production of emotional expressions, and also for demographers, epidemiologists, physicists, geographers, agronomists and mathematicians.

As our model consistently supplied meaningful results, we concluded that it was of adequate robustness and suitable for standardization purposes. We are of the opinion that our standards can be used to diagnose early symptoms of some mental troubles and, in this sense, we expect that they will stand as a positive contribution to medical practitioners in their efforts to find ways to bring more comfort to their patients.

---

## 1.7. REFERENCES

---

- Beale**, J.M., et Keil, F.C. (1995) Categorical effects in the perception of faces. *Cognition* 57, 217-239.
- Bornstein**, M.H., Kessen, W., et Weiskopf, S. (1976) The categories of hue in infancy. *Science* 191,
- Boynton**, R.M., et Gordon, J. (1965) Bezold-Brücke hue shift measured by color-naming technique.
- Bruyer**, R., et Granato, P. (1999) Categorical effects in the perception of facial expressions: MARIE.- a simple and discriminating clinical tool. *European Review of Applied Psychology* 49,3-10.
- Bülthoff**, I., et Newell, F.N. (2004) Categorical perception of sex occurs in familiar but not unfamiliar faces. *Visual Cognition* 11, 823-855.
- Calder**, A.J., Young, A.W., Perrett, D.I., Etcoff, M.L., et Rowland, D. (1996) Categorical perception of morphed facial expressions. *Visual Cognition* 3, 81-117.
- Campanella**, S., Chrysochoos, A., et Bruyer, R. (2001) Categorical perception of facial gender information: behavioural evidence and the face-space metaphor. *Visual Cognition* 8, 237-262.
- Damper**, R.I., et Harnad, S.R. (2000) Neural network models of categorical perception. *Perception and Psychophysics* 62, 843-867.
- De Gelder**, B., Teunisse, J.P., et Benson, P.J. (1997) Categorical perception of facial expressions: categories and their internal structure. *Cognition and Emotion* 11, 1-23.
- Ekman**, P., et Friesen, W.V. (1975) *Unmasking the Face*. Englewood Cliffs (NJ): Prentice Hall.
- Etcoff**, N.L., et Magee, J.J. (1992) Categorical perception of facial expressions. *Cognition* 44, 222-240.
- Finney**, D.J. (1975) *Probit analysis: a statistical treatment of the sigmoid response curve* (Third ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

- Fry, D.B., Abramson, A.S., Eimas, P.D., et Liberman, A.M.** (1962) The identification and discrimination of synthetic vowels. *Language and Speech* 5, 171-189.
- Gourevitch, V., et Galanter, E.** (1967) A significance test for one-parameter isosensitivity functions. *Psychometrika* 32, 25-33.
- Granato, P., et Bruyer, R.** (2002) Measurement of facially expressed emotions by a computerized study: method of study and analysis of integration of emotions (MARIE). *European Psychiatry* 17, 339-348.
- Granato, P., Bruyer, R., et Revillion, J.J.** (1996) Etude objective de la perception du sourire et de la tristesse par la méthode d'analyse de recherche de l'intégration des émotions "MARIE". *Annales Médico-Psychologiques* 154, 1-9
- Guenter, F.H., Husain, F.T., Cohen, M.A., et Shin-Cunningham, B.G.** (1999) Effects of categorization and discrimination training on auditory perceptual space. *Journal of the Acoustical Society of America* 106, 2900-2912.
- Harnad, S.** (Ed.). (1987) *Categorical Perception: the groundwork of cognition*. Cambridge: Cambridge University Press. *Journal of the Optical Society of America* 55, 78-8
- Kaernbach, C.** (2001) Slope bias of psychometric functions derived from adaptive data. *Perception and Psychophysics* 63, 1389-1398.
- Klein, S.A.** (2001) Measuring, estimating, and understanding the psychometric function: a commentary. *Perception and Psychophysics* 63, 1421-1455.
- Levin, D.T., et Beale, J.M.** (2000) Categorical perception occurs in newly learned faces, other-race faces, and inverted faces. *Perception and Psychophysics* 62, 386-401.
- Liberman, A.M., Harris, S., Hooman, H.S., et Griffith, B.C.** (1957) The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychology* 54, 358-368.
- Lisker, L., et Abramson, A.** (1964) A cross-language study of voicing in initial stops. *Word* 20, 384-422.

- Moré, J.J.** (1977) The Levenberg-Marquardt algorithm: implementation and theory. *In: Watson, G.A. (Ed.). Numerical Analysis (Lecture Notes in Mathematics 630)*. Berlin: Springer Verlag, pp. 105-116.
- Neary, T.M., et Hogan, J.T.** (1986) Phonological contrast in experimental phonetics: relating distributions of production data to perceptual categorical curves. *In: Ohala, J.J., et Jaeger, J.J. (Eds). Experimental Phonology*. Orlando: Academic Press; pp. 141-161.
- Powers, D.A., et Xie, Y.** (2000) *Statistical methods for categorical data analysis*. San Diego: Academic Press.
- Press, W.H., Teukolsky, S.A., Vetterling, W.T., et Flannery, B.P.** (1992) *Numerical recipes*. Cambridge: Cambridge University Press, chapter 15.
- Selvin, S.** (2004) *Biostatistics*. Pearson Éducation inc.
- Shah, R., et Lewis, M.B.** (2003) Locating the neutral expression in the facial-emotion space. *Visual Cognition 10*, 549-566
- Stevenage, S.V.** (1998) Which twin are you? A demonstration of induced categorical perception of identical twin faces. *British Journal of Psychology 89*, 39-57.
- Strasburger, H.** (2001) Converting between measures of slope of the psychometric function. *Perception and Psychophysics 63*, 1348-1355.
- Treisman, M.A., Faulkner, A., Naish, P.L.N., et Rosner, B.S.** (1995) Voice-onset time and tone-onset time: the role of criterion-setting mechanisms in categorical perception. *Quarterly Journal of Experimental Psychology 48A*, 334-366.
- Wichmann, F.A., et Hill, N.J.** (2001) The psychometric function: I. Fitting, sampling and goodness of fit. *Perception and Psychophysics 63*, 1293-1313.
- Young, A.W., Rowland, D., Calder, A.J., Etcoff, N.L., Seth, A., et Perrett, D.I.** (1997) Facial expression megamix: tests of dimensional and category accounts of motion recognition. *Cognition 63*, 271-313