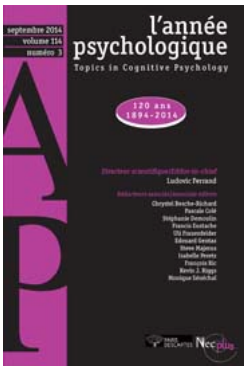
L'Année psychologique

http://necplus.eu/APY

Additional services for ***L'Année psychologique:***

Email alerts: Click here
Subscriptions: Click here
Commercial reprints: Click here
Terms of use : Click here



Le développement de la discrimination des expressions faciales émotionnelles chez les nourrissons dans la première année

Laurie Bayet, Olivier Pascalis et Édouard Gentaz

L'Année psychologique / Volume 114 / Issue 03 / September 2014, pp 469 - 500
DOI: 10.4074/S0003503314003030, Published online: 18 August 2014

Link to this article: http://necplus.eu/abstract_S0003503314003030

How to cite this article:
Laurie Bayet, Olivier Pascalis et Édouard Gentaz (2014). Le développement de la discrimination des expressions faciales émotionnelles chez les nourrissons dans la première année. L'Année psychologique, 114, pp 469-500 doi:10.4074/S0003503314003030

Request Permissions : Click here

Downloaded from http://necplus.eu/APY, IP address: 195.221.42.2 on 18 Aug 2014

Le développement de la discrimination des expressions faciales émotionnelles chez les nourrissons dans la première année

Laurie Bayet[1,2,*], Olivier Pascalis[1,2] et Édouard Gentaz[1,2,3]
[1] *Université Grenoble Alpes, LPNC, F-38000 Grenoble, France*
[2] *CNRS, LPNC, F-38000 Grenoble, France*
[3] *Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation, Université de Genève, Suisse*

RÉSUMÉ

Cette revue présente une synthèse des études examinant la discrimination des expressions faciales émotionnelles chez les nourrissons durant la première année de vie. Ces études montrent 1. une sensibilité aux changements d'expression faciale ainsi qu'une attirance pour les visages joyeux, probablement dès les premiers jours après la naissance et sûrement lors des premiers mois, 2. la capacité de distinguer les visages joyeux d'autres expressions après les premiers mois, 3. une attirance plus tardive, vers 6 à 7 mois, pour les visages de peur due à une modulation de l'attention, 4. l'émergence vers 6 à 7 mois de la capacité à distinguer entre elles les expressions autres que le sourire. Nous discutons enfin de l'aspect intrinsèquement émotionnel de cette discrimination précoce des expressions faciales émotionnelles, plus ou moins laissé en suspens par les études recensées, de même que l'explication causale de son développement.

The development of emotional facial expression discrimination by infants in the first year of life

ABSTRACT

Here we review the studies of emotional facial expression discrimination by newborns and infants in the first year of life. These studies show that 1. sensitivity to changes in facial expression and an attraction to smiling faces might exist in newborns, and are present in the first months of life, 2. the ability to discriminate joy from several other expressions

*Correspondance : Laurie Bayet, Laboratoire de Psychologie et NeuroCognition, SHS, Domaine Universitaire, Université Pierre Mendès France, 1251 avenue centrale, BP 47, 38040 Grenoble Cedex 9, France. E-mail : Laurie.Bayet@upmf-grenoble.fr
Remerciements. Nous souhaitons chaleureusement remercier Nicolas Mathieu pour ses critiques et ses commentaires qui éclairèrent tout particulièrement la discussion, ainsi que les trois experts pour leurs précieuses et constructives critiques.

appears before 6 months of age, 3. older infants (aged of 6 or 7 months) show an attraction to fearful faces due to attentional effects and 4. those older infants begin to develop the ability to discriminate between several expressions other than joy. We then discuss the sensitivity of the infants to the genuinely emotional content of facial expressions, which is left more or less unresolved by the reviewed studies, and some possible causal explanations for its development.

1. INTRODUCTION

L'étude des émotions est maintenant une question classique en sciences cognitives. On peut distinguer deux grandes approches dans la littérature : la première, largement majoritaire, s'intéresse aux relations entre les émotions et la cognition et à la nature *per se* des émotions, essentiellement chez l'adulte (pour une revue, voir Sander & Scherer, 2009). La seconde approche examine l'origine et le développement des émotions, et notamment la question de leur universalité ainsi que de leur déterminisme biologique et culturel. Dans ces deux approches, l'étude des expressions faciales émotionnelles est cruciale car celles-ci contribuent à la communication interpersonnelle au même titre que les indices émotionnels prosodiques (Adolphs, Damasio, & Tranel, 2002) et posturaux (Aviezer, Trope, & Todorov, 2012), le langage verbal ou musical (Sievers, Polansky, Casey, & Wheatley, 2013), et le référencement d'objets par l'orientation du regard ou par le pointage (D'Entremont, Hains & Muir, 1997 ; Hood, Willen, & Driver, 1998). De plus, les études dans le domaine du développement de la cognition sociale et ses troubles (par ex., trouble du spectre autistique) renforcent l'intérêt de mieux comprendre la perception de ces expressions (Critchley *et al.*, 2000 ; Gallese, Keysers, & Rizzolatti, 2004 ; Kliemann, Dziobek, Hatri, Baudewig, & Heekeren, 2012). De même, le constat que plusieurs pathologies psychiatriques (Bradley, Mogg, White, Groom, & Bono, 1999 ; Lawrence *et al.*, 2004 ; Lynch *et al.*, 2006 ; Mandal, Pandey, & Prasad, 1998 ; Rauch *et al.*, 2000 ; Sprengelmeyer *et al.*, 1997 ; Stevens, Charman, & Blair, 2001) ainsi que la maltraitance infantile (Pollak *et al.* 2000, Pollak & Kistler 2002) affectent cette capacité à percevoir les expressions faciales apporte une justification supplémentaire à son étude scientifique.

Dès 1872, l'hypothèse d'une « certaine innéité » (pour une discussion de ce terme, voir Mameli & Bateson, 2006) des expressions émotionnelles fut développée dans un ouvrage de Charles Darwin, *L'Expression des émotions chez l'homme et les animaux* (Darwin, 1872). Ce livre fut publié après *L'Origine des espèces* (1859) dans lequel le naturaliste anglais décrivait sa

théorie de l'origine des espèces par la sélection naturelle et la descendance avec modification. Darwin s'intéresse aux expressions émotionnelles car il voit en elles un signe de l'évolution et une possible origine aux comportements moraux humains. Il décrit l'existence d'un certain nombre d'expressions émotionnelles observables non seulement chez les humains mais aussi chez les autres espèces de Singes et certains Mammifères domestiques : la tristesse, la réflexion, la colère, la culpabilité, le mépris et le dégoût, la fierté, la honte et la timidité, etc. De façon notable, le livre contient un certain nombre d'illustrations réalisées à partir des photographies de l'ouvrage du *Mécanisme de la physionomie humaine* du neurologue Guillaume-Benjamin Duchenne (1862).

L'idée de Darwin fut mise de côté puis remise au goût du jour par les recherches interculturelles du psychologue Paul Ekman dans les années 1960, à une époque où les sciences sociales étaient dominées par l'anthropologie culturaliste (*cf.* Mead & Gordan, 1976) selon laquelle la personnalité et ses manifestations étaient le produit d'influences purement culturelles. Ekman a eu l'idée de demander à des adultes du Chili, d'Argentine, du Brésil, des États-Unis et d'une ethnie (peuple Fore) en Nouvelle-Guinée de reconnaître les émotions exprimées par des visages photographiés. Les résultats révélèrent que ces populations pouvaient reconnaître six types d'expressions faciales : la colère, la peur, le dégoût, la surprise, le sourire, et la tristesse. Cette observation l'amena à formuler sa théorie des émotions de base universelles (Ekman & Friesen, 1971 ; Ekman & Oster, 1979 ; Ekman, 1993). L'idée d'une certaine innéité de la production et de la discrimination des expressions faciales émotionnelles trouva de nouvelles confirmations dans des études plus récentes. Ainsi, plusieurs auteurs ont montré que les enfants et adultes aveugles congénitaux produisaient des expressions faciales émotionnelles en l'absence de toute possibilité d'expérience visuelle (Galati, Sini, Schmidt, & Tinti, 2003 ; Peleg *et al.*, 2006 ; Tracy & Matsumoto, 2008). L'hypothèse d'un caractère universel ou transculturel des émotions et de leurs expressions n'a pas été invalidée et reste au cœur du débat scientifique actuel (Barret, 2006 ; Jack, Garrod, Yu, Caldara, & Schyns, 2012, 2013 ; Sauter, Eisner, Ekman, & Scott, 2010 ; Sauter & Eisner, 2013).

Depuis la fin des années 1970, les psychologues ont étudié le développement de la discrimination des expressions faciales émotionnelles chez les nourrissons humains (pour des revues, *cf.* Leppänen & Nelson, 2009 ; Nelson, 1987[1]). En effet, si comme le suggère Ekman certaines

[1] Comparativement à ces deux revues, la présente se propose d'ajouter et de discuter les résultats les plus récents en laissant une plus large place aux données comportementales.

expressions sont universelles et ne sont pas le fruit d'un apprentissage culturel par imitation, celles-ci pourraient être perçues et interprétées dès le début de la vie. Cette hypothèse est d'autant plus séduisante qu'elle entre en résonance avec la vision modulaire de l'esprit humain qui existe en psychologie cognitive (*cf*. Fodor, 1983) et évolutionniste (Cosmides & Tooby, 1994). Elle implique, d'une part, que la capacité de perception des expressions faciales n'est pas le fruit de la (seule) socialisation et, d'autre part que cette capacité se manifeste précocement. Cette hypothèse est-elle toujours d'actualité ? Elle est en tout cas appuyée par les données concernant la modalité auditive. Nous savons que le système auditif du foetus est fonctionnel à partir d'environ 4,5 mois de gestation, et que les sons de l'environnement (en particulier la voix de la mère) ne sont pas totalement filtrés in-utero (De Casper & Fifer, 1980 ; De Casper, Lecanuet, Busnel, Granier-Deferre & Maugeais, 1994 ; Moon, Cooper, & Fifer, 1993). À la naissance, les nouveau-nés à terme ont donc été exposés à plusieurs mois d'expérience auditive. Récemment, les psychologues ont montré que les nouveau-nés sont capables de discriminer plusieurs prosodies émotionnelles dans leur langue maternelle, aussi bien en termes de comportement (Mastropieri & Turkewitz, 1999) que d'activité électrique cérébrale détectable par la technique de l'EEG (Cheng, Lee, Chen, Wang, & Decety, 2012). De plus, les nouveau-nés réagissent aux pleurs d'autres nouveau-nés humains (Dondi, Simion, & Caltran, 1999). Il s'agit donc bien d'une capacité précoce, et si elle est probablement apprise *in utero*, elle l'est très rapidement. En généralisant ces capacités auditives à la modalité visuelle, il est légitime de faire l'hypothèse minimale que les nourrissons devraient être capables de discriminer précocement plusieurs expressions faciales émotionnelles après plusieurs mois d'expériences visuelles. Que savons-nous aujourd'hui du développement de la perception des expressions faciales émotionnelles ?

Nous allons voir que les recherches des 30 dernières années portant sur le développement de la discrimination des expressions faciales émotionnelles dressent un tableau nuancé et confus au premier abord, probablement à cause de la variété des méthodes employées qui reflète la difficulté à définir les termes d'« émotion » (*cf*. Sander & Scherer, 2009) et de « discrimination ». Le sujet n'est donc pas épuisé. Mais aujourd'hui, l'étude du développement de la perception des expressions émotionnelles ne concerne plus seulement l'hypothèse d'Ekman d'« universalité » voire d'« innéité » de certaines émotions : d'une part, elle apporte des outils pour comprendre le développement émotionnel des nourrissons ; d'autre part, elle informe sur la dépendance de cette capacité envers le système de perception des visages que l'on sait profondément influencé par l'expérience visuelle (*cf*. Kelly *et al*., 2007 ; Pascalis, de Haan, & Nelson, 2002).

2. MÉTHODES ET RÉSULTATS DES PRINCIPALES ÉTUDES COMPORTEMENTALES, ÉLECTROPHYSIOLOGIQUES ET SPECTROSCOPIQUES

2.1. La diversité des méthodologies employées, témoin de la difficulté à cerner la question

La question n'est pas seulement de savoir à quel âge les nourrissons discriminent les expressions faciales émotionnelles (capacité appelée ici « discrimination picturale »), mais aussi d'examiner comment ils deviennent capables d'en évaluer le contenu affectif (capacité appelée ici « discrimination sémantique »). Chez l'adulte, la discrimination picturale peut être mesurée aisément au niveau comportemental. L'accès au caractère émotionnel des expressions faciales (discrimination sémantique) est quant à lui mesuré soit par le rapport subjectif (évaluation sur plusieurs échelles, identification), soit par des mesures de l'activité musculaire faciale (les activités du zygomatique majeur et du corrugateur du sourcil, l'imitation proprement dite des expressions faciales et son rôle dans leur reconnaissance étant un sujet d'étude à part entière plutôt qu'un index de l'état émotionnel) ou autonomique (conductance cutanée, rythme cardiaque), soit par l'effet de l'émotion sur la cognition (perception, attention, cognition sociale, interférence sélective avec les processus frontaux).

Chez le nouveau-né et le nourrisson, la mesure de la discrimination picturale repose sur l'analyse comportementale du regard ou sur les techniques de mesure de l'activité cérébrale (activité électrique avec l'EEG, réponse vasculaire avec la NIRS). Ces deux types de méthodologies, très différents, se basent sur un même raisonnement : un bébé discrimine visuellement deux stimuli s'il répond différemment à chacun d'eux, que ce soit par le comportement ou l'activité cérébrale.

Les mesures de l'activité cérébrale chez le nourrisson sont essentiellement des méthodes de surface : en NIRS comme en EEG les capteurs sont placés sur le scalp du nourrisson. Les études en IRM fonctionnelle sont rares (Dehaene-Lambertz, Dehaene, & Hertz-Pannier, 2002) et à notre connaissance aucune ne porte sur le traitement des expressions faciales émotionnelles. Cela signifie que l'on ne dispose aujourd'hui d'aucune donnée sur l'apport fonctionnel des structures sous-corticales comme l'amygdale dans la perception des visages émotionnels chez le nourrisson, même si ces structures sont connues pour apporter une contribution

importante à cette fonction chez l'adulte (par ex. Vuilleumier, Richardson, Armony, Driver, & Dolan, 2004).

L'essentiel des études conduites chez les nourrissons en NIRS ou EEG fait état d'une modulation par l'expression faciale de l'activité cérébrale en général et de certaines composantes en particulier, notamment les composantes ERP supposées refléter le traitement des visages (N290, P400) ou l'attention portée au stimulus (Nc). On mesure des différences de voltage ou de latence entre plusieurs conditions, pour une composante donnée (par exemple, la N290), permettant ainsi de décrire les différences de traitement entre plusieurs stimuli, et éventuellement de les interpréter fonctionnellement : sont-elles de nature attentionnelle ou perceptuelle, précoces ou tardives ? À notre connaissance, l'interprétation des composantes ERP individuelles du nourrisson fait encore débat, ce qui limite ces possibilités d'interprétation fonctionnelle. D'autres études, non rapportées ici, ont par exemple utilisé la technique de la localisation de source pour conclure positivement à partir des mesures EEG, sur l'activité chez le nourrisson des régions cérébrales nécessaires à la perception des expressions faciales (notamment la *Fusiform Face Area* – FFA, l'*Occipital Face Area* – OFA et le *Superior Temporal Sulcus* – STS) et ceci dès 3 mois (*cf.* Grossmann & Johnson, 2007 ; Halit, De Haan & Johnson, 2003 ; Johnson, 2005 ; Tzourio-Mazoyer *et al.*, 2002). Certaines de ces études ont utilisé le paradigme dit *oddball* qui permet de mieux isoler les composants ERP correspondant à la détection de la différence entre deux stimuli (l'un étant présenté souvent et l'autre non), par exemple entre un visage familier et non familier (Nikkel & Karrer, 1994).

Aucune étude chez le nourrisson n'a rapporté de localisation de source pour la perception des expressions faciales émotionnelles.

L'analyse comportementale du regard se décline en deux familles de protocoles largement utilisés. La première famille, dite du regard préférentiel, consiste à mesurer la tendance à regarder plus longtemps tel ou tel type de stimuli (Fantz, 1958). Les stimuli sont présentés simultanément (côte à côte) ou successivement. Si le nourrisson regarde plus longtemps un type de stimuli qu'un autre (par exemple, les visages souriants sont fixés plus longtemps que les visages neutres, on dit qu'ils sont « préférés »), on considère que le nourrisson discrimine ces stimuli. Le concept de préférence pour les stimuli fixés le plus longtemps que d'autres ne correspond pas à une « préférence affective » (il s'agit d'un abus de langage). Une seconde famille de protocoles exploite le phénomène d'habituation et de réaction à la nouveauté. Si on présente un même stimulus plusieurs fois à un nourrisson, il s'y habitue, c'est-à-dire que son temps de regard diminue en fonction des répétitions. À partir d'un certain critère (par exemple, une

diminution de 50 % du temps de regard par rapport aux deux premiers essais) on considère que le nourrisson est habitué et que le stimulus est devenu familier. Si, dans une seconde phase, on présente au nourrisson le stimulus familier et le stimulus nouveau, et si le temps de regard pour le stimulus nouveau est alors différent de celui pour le stimulus familier, on considère que le nourrisson a différencié ces deux stimuli. On parle de préférence pour la nouveauté ou pour la familiarité, selon le résultat obtenu. Ces résultats témoignent néanmoins d'une forme de discrimination picturale. Les protocoles d'habituation/déshabituation peuvent être rendus plus complexes en testant la « discrimination généralisée » (Tables 2 et 3). En phase d'habituation, l'identité et le sexe des visages présentés varient de telle sorte que la seule composante commune à travers les stimuli soit l'expression émotionnelle. En phase de déshabituation, on présente deux visages nouveaux, un portant l'expression familière et l'autre l'expression nouvelle. On ne teste donc pas la capacité à discriminer les expressions faciales d'une même personne, mais la capacité à extraire l'expression faciale d'un ensemble de visages différents et à la comparer à une expression nouvelle. On peut remarquer que cette tâche (pouvant être assimilée à une tâche de catégorisation perceptive) est plus difficile que les autres tâches de discrimination picturale : la discrimination généralisée des expressions faciales n'est observée que chez les nourrissons de 7 mois minimum. La perception catégorielle des expressions émotionnelles peut enfin être mise en évidence par l'effet dit de catégorisation, c'est-à-dire par le fait qu'à différence égale, la différence entre deux stimuli qui traversent une limite de catégorie sera plus facilement perçue que la différence entre deux stimuli de la même catégorie.

Un petit groupe d'études utilisant l'analyse du regard se différencie par l'emploi de paradigmes spécifiques. Montague et Walker-Andrews (2011) ont utilisé le paradigme du « Peekaboo » pour l'adapter à l'étude de la perception des visages émotionnels. L'expérimentateur dévoile et cache alternativement son visage avec ses mains en disant « peekaboo » au moment de montrer son visage, et présente une expression faciale différente à chaque fois. Ce mode de présentation, estimé plus ludique et plus écologique, est plus efficace qu'un mode de présentation classique proposant des visages statiques sur un écran. La difficulté de cette méthode est qu'étant peu employée, c'est-à-dire moins contrôlée et plus délicate à mettre en œuvre, elle offre peu de points de comparaison pour comprendre ses résultats (Tableau 2). Rochat, Striano et Blatt (2002) ont étudié l'effet modulateur de l'expression faciale sur l'effet déjà décrit du visage impassible ou *still face* (Tronick, Als, Adamson, Wise, & Brazelton, 1979 ; Toda & Fogel, 1993). Dans le paradigme du visage impassible, un adulte entre en

interaction avec le bébé, puis fige son visage en une expression neutre et cesse tout échange pendant une courte période. Le visage de l'adulte est alors dit « impassible » car il cesse de répondre aux sollicitations de l'enfant, l'interaction est interrompue. L'enfant répond en s'agitant puis en se détournant de l'adulte. L'étude de Rochat et collaborateurs visait à tester le rôle de l'expression faciale dans l'effet du visage impassible : l'enfant réagit-il à l'interruption de l'interaction, ou au visage neutre ? Présenter un sourire à la place de l'expression neutre réduit quelque peu l'effet du visage impassible chez les nourrissons de 2 mois, mais non chez les nourrissons plus âgés. L'effet du visage impassible chez ces enfants viendrait de la détection des contingences sociales de l'interaction plutôt que de l'expression du visage.

Certaines études d'analyse du regard emploient des stimuli multimodaux, c'est-à-dire associant une voix et un visage, les deux exprimant une émotion identique (concordante) ou non (Flom & Bahrick, 2007 ; Haviland & Lelwica, 1987). Lorsque la voix et le visage sont toujours concordants, il est difficile de conclure sur la discrimination des visages émotionnels puisque la discrimination des stimuli multimodaux pourrait ne refléter que la discrimination des différentes expressions vocales d'émotion à partir d'indices prosodiques, une capacité observée même chez les nouveau-nés (Cheng *et al.* 2012 ; Mastropieri & Turkewitz, 1999). D'autres études, au contraire, contrastent des stimuli multimodaux concordants et discordants au niveau émotionnel (Grossmann, Striano & Friederici, 2007 ; Kahana-Kalman & Walker-Andrews, 2001 ; Montague & Walker-Andrews, 2002 ; Soken & Pick, 1992, 1999). Les résultats en ERP montrent qu'à 7 mois, les nourrissons s'attendent plus à des stimuli concordants de joie ou de colère qu'à des stimuli discordants (Grossmann *et al.* 2007). En revanche, les résultats comportementaux (l'existence ou non d'une préférence pour les stimuli concordants ou discordants) semblent fortement dépendre non seulement des émotions présentées, mais également de la familiarité des personnes ayant servi de stimuli (Montague & Walker-Andrews, 2002), de la nature des stimuli employés (vidéo complète ou points animés, voix provenant de la même personne ou non (Soken & Pick, 1992)). Une étude a néanmoins rapporté des résultats positifs et cohérents à 7 mois pour la discrimination des expressions de sourire, de tristesse, de colère et d'intérêt (Soken & Pick, 1999).

Chez les nourrissons plus âgés (autour de 12 mois), des paradigmes comportementaux plus complexes peuvent être envisagés, comme ceux utilisés pour étudier le référencement social. Ils permettent ainsi d'examiner l'influence de l'expression faciale de l'adulte référent sur le comportement d'exploration des nourrissons face à une situation nouvelle et ambiguë,

(Sorce, Emde, Campos, & Klinnert, 1985 ; Walden & Ogan, 1988) ou l'influence de l'expression faciale sur l'interprétation du comportement d'un agent (Phillips, Wellman, & Spelke, 2002). En fait, l'étude développementale de la perception des visages émotionnels se confond ici avec l'étude de la maturation des processus socio-émotionnels des nourrissons. Des formes de référencement social ont bien été étudiées chez des nourrissons plus jeunes (de 4 à 5 mois et demi), mais dans ces études les expressions de peur et de joie du référent soit étaient accompagnées de vocalisations correspondantes (Vaillant-Molina & Bahrick, 2012), soit prédisaient des stimuli inconditionnés (positifs ou aversifs), permettant ainsi de tester l'utilisation par les nourrissons de ces informations pour éviter les stimuli aversifs (Pelaez, Virues-Ortega, & Gewirtz, 2012). Ces dernières études ne testent donc pas la valence motivationnelle ou émotionnelle des expressions faciales.

Mesurer l'aspect proprement émotionnel du traitement des visages chez les nourrissons de moins de 10 mois est plus difficile. Une approche originale et pertinente consiste à mesurer l'influence de l'émotion sur l'attention du nourrisson. On mesure comment l'expression émotionnelle perçue ralentit le rythme cardiaque (Leppänen *et al.* 2010 ; Peltola, Leppänen, & Hietanen, 2011), limite l'orientation vers une cible périphérique, ou interagit avec la direction du regard perçu (Hoehl, Palumbo, Heinisch, & Striano, 2008 ; Hoehl & Striano, 2008 ; Hoehl, Wiese, & Striano, 2008a) – les nourrissons y sont sensibles dès 3 mois (D'Entremont *et al.* 1997 ; Hood *et al.* 1998). Cette dernière situation se rapproche du référencement social. Par ailleurs, les effets de l'ordre de présentation des stimuli, souvent rapportés dans les études d'habituation/déshabituation chez les nourrissons (Caron, Caron, & Maclean, 1988 ; Caron, Caron, & Myers, 1985 ; Caron, Caron, & Myers, 1982 ; Nelson, Morse, & Leavitt, 1979), peuvent être interprétés comme un indice de l'intrication précoce des traitements attentionnels et émotionnels.

2.2. Principaux résultats chez les nouveau-nés

Les études réalisées chez les nouveau-nés depuis les années 1980 indiquent que ceux-ci possèdent une certaine capacité à traiter les visages de primates y compris non humains (De Haan, Pascalis, & Johnson, 2002 ; Di Giorgio, Leo, Pascalis, & Simion, 2012 ; Pascalis & Bachevalier, 1998), à reconnaître le visage de leur mère (Pascalis, Schonen, Morton, Deruelle, & Fabre-Grenet, 1995), et à reconnaître le visage de personnes avec lesquelles une brève interaction vient d'avoir lieu (Guellai & Streri, 2011). Les nouveau-nés perçoivent-ils les changements « grossiers » d'expression faciale d'une

même personne ? Des études classiques permettent de répondre à cette question par l'affirmative.

Dans l'étude fondatrice de Meltzoff et Moore (1977), l'auteur présentait une série d'expressions du visage et des mains (moue, ouverture/fermeture de la bouche, protrusion de la langue, ouverture et fermeture des doigts) ou un visage passif (condition contrôle) à des nouveau-nés âgés de 12 à 21 jours répartis en deux expériences assez similaires. Dans une première expérience (6 participants), l'expérimentateur répétait son geste ou son expression jusqu'à obtenir une réponse du nouveau-né. Les vidéos de ces nouveau-nés étaient ensuite présentées à des étudiants qui devaient deviner quel geste ou expression les nouveau-nés étaient en train de regarder en attribuant un ordre de probabilité à chacune des possibilités prédéfinies (visage passif, moue, langue tirée, etc.). Les estimations des étudiants étaient alors meilleures que le hasard. Comment les étudiants pouvaient-ils deviner l'expression présentée aux nouveau-nés ? L'explication avancée par les auteurs est que les nouveau-nés imitaient les expressions présentées. Dans une deuxième expérience (12 participants), mieux contrôlée, l'expérimentateur présentait soit une protrusion de la langue, soit une ouverture/fermeture de la bouche, soit un visage passif (condition de contrôle, toujours présentée en premier). Les nouveau-nés avaient une tétine dans la bouche uniquement pendant la période de présentation de l'expression, puis leur comportement était enregistré pendant 150 secondes durant lesquelles l'expérimentateur présentait un visage passif. Les résultats ont révélé quatre fois plus de comportements de protrusion de la langue ou d'ouverture de la bouche après le modèle correspondant que suite au visage passif de l'expérimentateur ou de l'autre expression. Cette deuxième expérience portait néanmoins sur des nourrissons âgés en moyenne de 19,3 jours, soit presque 3 semaines. Une troisième étude (Meltzoff & Moore, 1983) a répliqué ces résultats chez 40 nouveau-nés âgés de 32,1 heures en moyenne, devant les modèles de protrusion de la langue et d'ouverture/fermeture de la bouche, mais sans condition de contrôle. Il faut souligner néanmoins que ces études portent sur des variations de mimiques faciales accentuées choisies parmi le répertoire des expressions produites spontanément par les nouveau-nés et non parmi le répertoire des expressions faciales émotionnelles adultes (pour une discussion, *cf.* Vinter, 1985).

Par contre, l'étude menée par Field, Woodson, Greenberg et Cohen en 1982 porte sur la perception par les nouveau-nés d'expressions faciales de sourire, tristesse et surprise réalisées par un modèle féminin. Par la méthode d'habituation/déshabituation, cette étude a montré que les nouveau-nés discriminaient les expressions de sourire, tristesse et surprise présentées

par un expérimentateur dans le cadre d'une véritable interaction. De plus, les nouveau-nés montraient une production d'expression faciale différente (yeux écarquillés, lèvres boudeuses ou lèvres entrouvertes) en fonction de l'expression présentée par l'expérimentateur (Figure 1a-b-c). Dans la lignée des études de Meltzoff et Moore, les auteurs ont alors formulé l'hypothèse d'une imitation en miroir par les nouveau-nés des expressions faciales qui leur étaient présentées, mais cette hypothèse n'a pas été validée par la suite (Kaitz, Meschulach-Sarfaty, Auerbach, & Eidelman, 1988). En revanche, d'autres études ont pu répliquer l'imitation par les nouveau-nés de mouvements faciaux accentués ou articulatoires (Coulon, Hemimou, & Streri, 2012 ; Reissland, 1988). En conclusion, les nouveau-nés sont capables de détecter les mouvements faciaux accentués d'une même personne, et peuvent en imiter certains.

Dans le domaine plus restreint de la perception des expressions faciales émotionnelles, les résultats sont plus ténus. Farroni, Menon, Rigato et Johnson (2007) montrent que les nouveau-nés sont capables de distinguer un visage souriant d'un visage apeuré du même modèle lorsque ces deux stimuli sont présentés côte à côte (Figure 1d), et plus précisément qu'ils regardent en moyenne plus longtemps le visage souriant dans ce contexte (Farroni *et al.*, 2007). En revanche, cette étude ne montre pas que les nouveau-nés distinguent un visage apeuré d'un visage neutre côte à côte lorsqu'il s'agit du même modèle (Figure 1e). Il est possible d'interpréter ces résultats selon la familiarité relative des expressions présentées : le sourire est familier à cet âge, tandis que les expressions neutres ou apeurées sont aussi peu familières l'une que l'autre. Les

Tableau 1. Principales études de la discrimination des expressions faciales émotionnelles par les nouveau-nés
Table 1. Main studies of emotional facial expression discrimination in newborns

Référence	#	Age	Procédure(s)	Modèle(s)	Émotion(s)	Résultat(s)
Farroni *et al.* 2007	1	46 h	Préférence visuelle	Féminin, statique	Neutre/peur	négatif
	2	56 h	Déshabituation	Féminin, statique	Neutre/peur	négatif
	3	54 h	Préférence visuelle	Féminin, statique	Joie/peur	positif
Field *et al.* 1982	1	36 h	Déshabituation	Expérimentateur, dynamique	Joie, tristesse, surprise	positif
Kaitz *et al.*, 1988	1	27 h	Imitation	Expérimentateur, dynamique	Joie, tristesse, surprise	négatif

nouveau-nés ne montraient pas non plus de discrimination des visages neutres ou apeurés dans un paradigme d'habituation/déshabituation. Ce résultat confirme que le sourire est la seule expression efficacement perçue à cet âge. Il ne s'agit pas d'une conclusion définitive, étant donné que cette étude ne présente pas de résultat de regard préférentiel dans un contraste sourire/neutre, et que la discrimination du sourire avec une autre expression n'a pas, à notre connaissance, été testée à cet âge par la méthode d'habituation/déshabituation sur des images statiques.

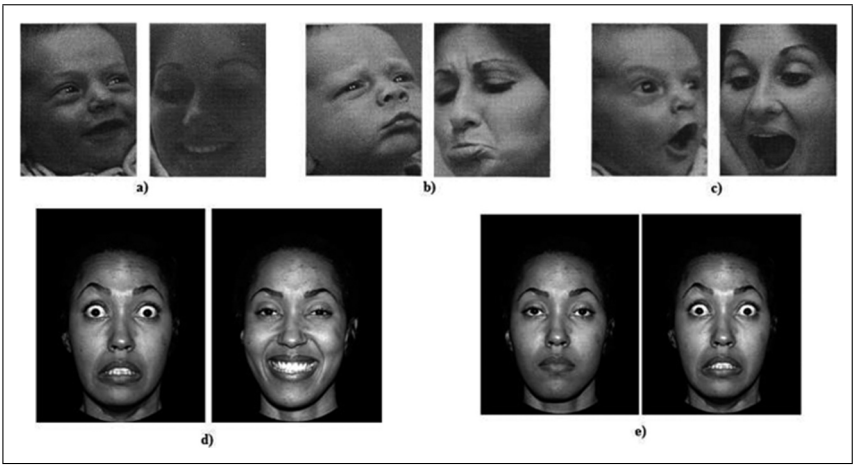


Figure 1. Haut : Expressions présentées par le modèle et observées en réponse chez les nouveau-nés dans l'expérience de Field *et al.* (1982) : a) sourire, b) tristesse, c) surprise. Reproduit avec l'autorisation de l'AAAS. Bas : Exemples de stimuli utilisés dans l'expérience de Farroni *et al* (2007) : d) paire de visages exprimant la peur et la joie e) paire de visages exprimant la neutralité et la peur. Reproduit avec l'autorisation de Taylor and Francis Group.
Figure 1. Top: Expressions posed by the model and corresponding newborns' responses from Field et al. (1982): a) joy b) sadness c) surprise. Reprinted with permission from AAAS. Bottom: Example stimuli from Farroni et al (2007): d) paired faces expressing fear and joy e) paired faces expressing neutrality and fear. Reprinted with permission from the Taylor and Francis Group.

2.3. Principaux résultats chez les nourrissons âgés de 2 à 5 mois

La préférence pour les visages souriants (familiers ou non) observée chez les nouveau-nés persiste dans les premiers mois (Kuchuk, Vibbert, & Bornstein, 1986 ; La Barbera, Izard, Vietze, & Parisi, 1976 ; Rochat *et*

al. 2002) même si celle-ci n'est pas systématiquement rapportée. Dans l'étude de Field et collaborateurs (1998) par exemple, la préférence pour les visages souriants vis-à-vis des visages tristes n'est pas rapportée dans une population de nourrissons de 3 mois. Cependant, dans cette étude les stimuli étaient multimodaux (accompagnés de voix) et n'étaient pas présentés par paires, ce qui peut influencer l'expression des préférences. Montague et Walker-Andrews (2002) n'observent pas de préférence pour le sourire vis-à-vis de la tristesse lorsque le visage est celui du père ou un visage étranger, mais la rapporte lorsque le visage présenté est celui de la mère. Cependant, dans le protocole les visages étrangers étaient toujours présentés après celui des parents, créant peut-être un effet d'habituation à l'expression de sourire qui expliquerait l'absence de préférence pour cette expression aux essais suivants avec les visages étrangers. À partir de 5 mois, les nourrissons cessent de « préférer » un sourire apparié à une expression de peur (Peltola, Leppänen, Mäki, & Hietanen, 2009), tandis que leur capacité de discriminer les visages de peur et de sourire se développe (Bornstein & Arterberry, 2003). Pourtant, les nourrissons de presque 6 mois préfèrent toujours les visages souriants aux visages neutres (Striano, Brennan, & Vanman, 2002) : la suppression de la préférence pour le sourire est bien causée par son appariement à l'expression de peur qui possède peut-être déjà un statut attentionnel particulier à cet âge, comme c'est le cas à 7 mois (Peltola *et al.*, 2011 ; Peltola, Leppänen, Palokangas, & Hietanen, 2008 ; Leppänen *et al.* 2010).

De façon cohérente avec cette préférence pour les visages souriants, les nourrissons ont, dès les premiers mois après la naissance, la capacité de discriminer les sourires de plusieurs autres expressions comme la surprise (Young-Browne, Rosenfeld, & Horowitz, 1977), le froncement de sourcils (Barrera & Maurer, 1981) et la tristesse autour de 3 mois (Caron *et al.* 1988 ; Field, Pickens, Fox, Gonzalez, & Nawrocki, 1998 ; Montague & Walker-Andrews, 2002), puis la peur autour de 5 mois (Bornstein & Arterberry, 2003). Une étude (Serrano, Iglesias, & Loeches 1992) rapporte également la discrimination des expressions de colère, peur et surprise par des nourrissons d'environ 5 mois.

Enfin, quelques études proposent une approche un peu différente des paradigmes de discrimination, en mesurant l'effet des expressions faciales par le biais de leur interaction avec la direction du regard (Hoehl *et al.* 2008a ; Striano, Kopp, Grossmann, & Reid, 2006). L'idée est que les expressions émotionnelles sont traitées de façon intégrée et contextuelle avec les autres indices sociaux portés par les visages. L'étude en EEG chez des nourrissons de 3,5 mois, menée par Hoehl, Wiese et Striano (2008a) montre que si l'on présente un visage féminin de peur au regard tourné vers

un objet abstrait, la présentation subséquente du même objet (Figure 2a) s'accompagnera d'une composant EEG central négatif (Nc, 400-800 ms) d'amplitude plus importante lorsque l'on présente un visage neutre à la place du visage de peur (Hoehl *et al.* 2008a). De plus, cet effet différentiel du visage de peur par rapport au visage neutre disparait lorsque l'objet présenté subséquemment n'est pas le même que celui présenté à côté du visage (Figure 2b), ou lorsque le visage présenté regarde dans une direction opposée à l'objet (Figure 2c).

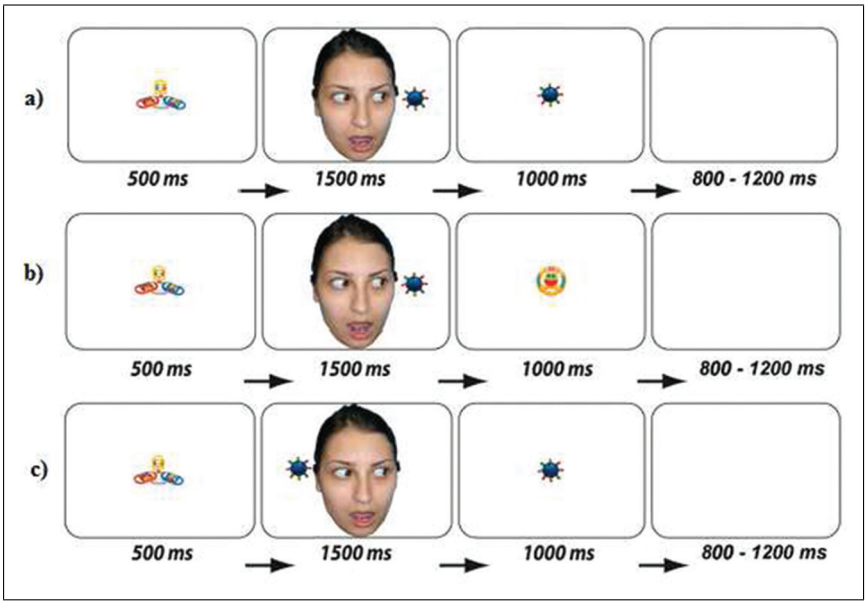


Figure 2. Design des expériences présentées par Hoehl, Wiese et Striano (2008a). ©2008 Hoehl *et al.*
Figure 2. Experimental design from Hoehl, Wiese et Striano (2008a) © 2008 Hoehl et al.

Ces résultats sont intéressants car ils montrent une forme de référencement chez des nourrissons de 3,5 mois, alors que cette capacité a été observée principalement chez des enfants plus âgés et dans des tâches plus complexes (Feinman, 1982 ; Phillips *et al.* 2002 ; Walden & Ogan, 1988). Les auteurs reconnaissent néanmoins que les résultats observés pourraient tout aussi bien être expliqués par un simple effet additif (et non interactif) : la direction du regard oriente l'attention vers l'objet abstrait situé du même côté (Hood *et al.* 1998), tandis qu'une expression de peur

Tableau 2. Principales études de la discrimination des expressions faciales émotionnelles par les nourrissons âgés de 2 à 5 mois
Table 2. Main studies of emotional facial expression discrimination in infants aged from 2 to 5 months

Référence	#	Age (mois)	Procédure(s)	Modèle(s)	Émotion(s)	Résultat(s)
Barrera & Maurer, 1981	1	2, 97	Déshabituation	Mère de l'enfant (photo), statique	Joie/Sourcils froncés	positif
	2	2, 99	Déshabituation	Féminin, statique	Joie/Sourcils froncés	positif
Bornstein & Arterberry, 2003	1	5, 40	Déshabituation	Féminins, statiques.En test : nouveau modèle/modèle familier (même sourire)	Joie - différentes intensités	positif
	2	5, 10	Déshabituation	Féminins, statiques. Même modèle en phase de test.	Joie/Peur	positif
	3	5, 17	Déshabituation	Féminins, statiques. Modèle différent en phase de test.	Joie/Peur	positif
Bornstein *et al.* 2011	1	5, 05	Déshabituation (sujets contrôles)	Féminins, statiques	Joie/Neutre	positif
	2	5, 05	Déshabituation(mères dépressives)	Féminins, statiques	Joie/Neutre	négatif
Caron *et al.* 1982	1	4, 11	Déshabituation	Féminins, statiques	Joie/Surprise	négatif
	2	5, 52	Déshabituation	Féminins, statiques	Joie/Surprise	Joie/Surprise
Caron *et al*, 1988	1	3, 94	Déshabituation : discrimination généralisée	Féminins, statiques + voix	Joie/Tristesse	Tristesse/Joie
	2	5, 27		Féminins, statiques + voix	Joie/Tristesse	positif
	3	5, 22		Féminins, statiques + voix	Joie/Colère	négatif
	4	5, 22		Féminins, statiques	Tristesse/Joie	positif
Field *et al.* 1998	1	3	Temps de regard et EEG (contrôles)	Féminins, dynamiques (non appariés) + voix	Joie/Tristesse	positif
	2	3	Temps de regard et EEG (mères dépressives)			négatif
Haviland & Lelwica, 1987	1	2, 30	Imitation	Mère + voix	Joie/Tristesse/Colère	Joie/Colère
Hoehl *et al.* 2008a	1	3, 70	Référencement attentionnel d'un objet+ EEG (Nc) durant la présentation ultérieure de l'objet référencé	Féminin/Masculin, statique	Peur/Neutre	positif

(Suite)

Tableau 2. (Suite)

Référence	#	Age (mois)	Procédure(s)	Modèle(s)	Émotion(s)	Résultat(s)
	2	3, 40	Condition contrôle : présentation ultérieure d'un objet différent	Féminin/Masculin, statique	Peur/Neutre	négatif
	3	3, 70	Condition contrôle : l'objet est présent à côté du visage mais non référencé	Féminin/Masculin, statique	Peur/Neutre	négatif
Kuchuk *et al.* 1986	1	3, 09	Préférence visuelle	Féminins, statiques	Joie - différentes intensités	positif
La Barbera *et al.* 1976	1	3, 96	Durée de la première fixation	Masculin (non apparié), statique	Joie/Colère/Neutre	Joie
Montague & Walker-Andrews, 2001	1	4, 24	Temps de regard	Expérimentateur (Peekaboo)	Joie/Surprise/Tristesse/ Colère/Peur	Colère, Peur
	2		Imitation			négatif
Montague & Walker-Andrews, 2002	1	3, 84	Temps de regard	Mère/Père/Féminin/Masculin, dynamiques (non appariés) + voix	Joie/Tristesse	positif (mère)
	2				Joie/Colère	négatif
Peltola *et al.* 2009	1	5	Préférence visuelle+ ERP (Nc)	Féminin, statique	Joie/Peur	négatif
Rochat *et al.* 2002	1	2	Annulation de l'effet du visage impassible	Féminin	Joie/Tristesse/Neutre	Joie
	2	4				négatif
Serrano *et al.* 1992	1	5, 06	Déshabituation	Féminins, statiques	Colère/Peur/Surprise	positif
Striano *et al.* 2002	1	5, 91	Préférence visuelle et sa corrélation au score de dépression maternelle	Féminin, statique	Joie (différentes intensités)/Neutre	positif, corrélé
	2				Tristesse (différentes intensités) /neutre	positif, non corrélé
Striano *et al.* 2006	1	4, 34	EEG (PSW)	Féminins, statiques, regard direct ou de côté (contraste testé)	Neutre	négatif
	2	4, 14			Joie	négatif
	3	4, 14			Colère	positif
Young-Browne *et al.* 1977	1	2,66-3,08	Déshabituation	Masculin	Joie/Tristesse/Surprise	Joie/Surprise

pourrait attirer l'attention de façon générale, comme cela a été montré chez des nourrissons plus âgés. Une critique similaire pourrait être adressée aux résultats de Striano *et al.* (2006), mais dans tous les cas, ces études montrent tout de même un traitement différentiel, par apport à l'expression neutre, des expressions de peur à 3,5 mois (Hoehl *et al.* 2008a) et de colère à 4 mois (Striano *et al.* 2006).

2.4. Principaux résultats chez les nourrissons âgés de 6 à 8 mois

Entre 6 et 8 mois, les nourrissons montrent une discrimination claire et catégorielle de nombreuses expressions faciales par rapport à celle du sourire : la surprise (Caron *et al.* 1982), la tristesse (Leppänen & Nelson, 2009) et la peur (Kotsoni, de Haan, & Johnson, 2001). Les techniques d'électrophysiologie et d'imagerie optique (NIRS) ont de plus permis de montrer une capacité de discrimination de l'expression faciale de colère par rapport au sourire (Grossmann *et al.* 2007 ; Nakato, Otsuka, Kanazawa, Yamaguchi, & Kakigi, 2011) et à la peur (Hoehl & Striano, 2008 ; Kobiella, Grossmann, Reid, & Striano, 2008). Enfin, les visages de peur retiennent l'attention des nourrissons dès l'âge de 7 mois (Leppänen, Moulson, Vogel-Farley, & Nelson, 2007 ; Leppänen *et al.* 2010 ; Peltola *et al.* 2011 ; Peltola et al. 2008). C'est également à cet âge que certains auteurs rapportent les premières mises en évidence de catégorisation perceptive des expressions faciales émotionnelles (Kotsoni *et al.* 2001, Leppänen & Nelson, 2009), et la majorité des discriminations généralisées testées (Sourire/Peur, Sourire/Colère, Sourire/Surprise) à l'exception du contraste Sourire/Tristesse mise en évidence dès 5 mois mais seulement dans le sens Tristesse→Sourire (Caron *et al*, 1988).

L'équipe de Yamaguchi a réalisé en NIRS une expérience portant sur la perception des expressions faciales de sourire et de colère par les nourrissons de 7 mois (Nakato *et al.* 2011). Une attention particulière était portée aux capteurs temporaux, car chez l'adulte la perception des expressions faciales active spécifiquement des réseaux au niveau du Sulcus temporal supérieur (STS), en particulier dans sa portion postérieure (Hein & Knight, 2008 ; Itier & Taylor, 2004). Les stimuli contrôles étaient des images de deux types de légumes ronds de couleur différente, tandis que les stimuli expérimentaux étaient des images statiques du même visage féminin exprimant la joie ou la colère (Figure 3). Les données ont montré une augmentation de l'afflux sanguin temporal pour les deux types de visages, supérieure dans l'hémisphère gauche pour les visages souriants et dans l'hémisphère droit pour les visages de colère (Figure 4). On

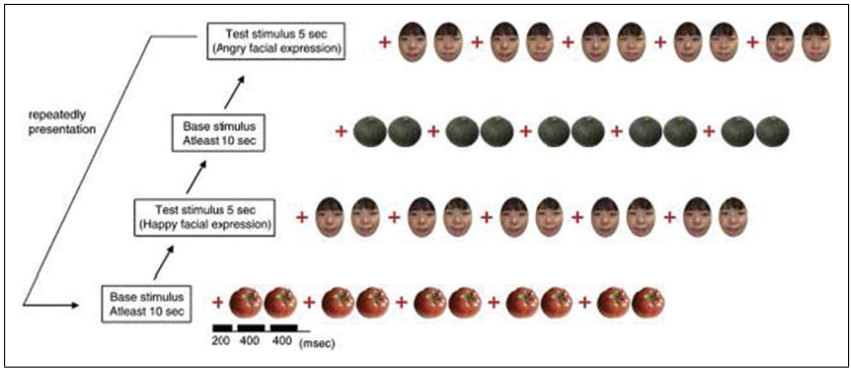


Figure 3. Design expérimental de l'expérience menée par Nakato *et al.* (2011).
Figure 3. Experimental design from Nakato et al. (2011).

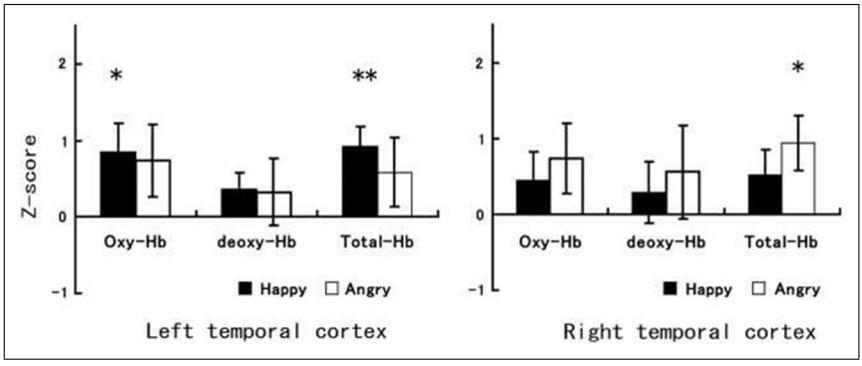


Figure 4. Quantité moyenne (Z-score) d'hémoglobine oxygénée, désoxygénée et totale mesurée aux positions temporales durant les 3 dernières secondes de la phase de test et les 3 secondes suivantes, en fonction de la condition de la phase de test et de l'hémisphère cérébral – Nakato *et al.* (2011). Les figures 3 and 4 sont reproduites de *Neuroimage* 54(2), Nakato, E., Otsuka, Y., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., & Kakigi, R. Distinct differences in the pattern of hemodynamic response to happy and angry facial expressions in infants- A near-infrared spectroscopic study, 1600-1606 (2011), avec l'autorisation d'Elsevier.
Figure 4. Mean quantity (Z-score) of oxy-, deoxy- and total hemoglobin over the temporal lobe during the last 3 seconds of the test phase and the first 3 seconds after the test phase, depending on experimental condition and cerebral hemisphere – Nakato et al. (2011). Figures 3 and 4 are reprinted from *Neuroimage* 54(2), Nakato, E., Otsuka, Y., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., & Kakigi, R. Distinct differences in the pattern of hemodynamic response to happy and angry facial expressions in infants - A near-infrared spectroscopic study, 1600-1606 (2011), with permission from Elsevier.

Tableau 3. Principales études de la discrimination des expressions faciales émotionnelles par les nourrissons âgés de 6 à 8 mois
Table 3. Main studies of emotional facial expression discrimination in infants aged from 6 to 8 months

Référence	#	Age (mois)	Procédure(s)	Modèle(s)	Émotion(s)	Résultat(s)
Caron *et al*, 1982	3	6, 87	Déshabituation	Féminins, statiques	Joie/Surprise	positif
Caron *et al*, 1988	1	6, 69	Déshabituation : discrimination généralisée	Féminins, vidéos + voix	Joie→Colère	positif
	2	6, 78		Féminins, vidéos	Joie→Colère	négatif
	3	6, 77		Féminins, vidéos + voix	Colère→Joie	positif
	4	6, 79		Féminins, vidéos+/- voix	Colère→Joie	positif si voix
Geangu *et al*. 2011	1	6, 59	Préférence visuelle et pupillométrie	Nourrissons de 6-9 mois + voix	Rire/Pleurs/Babillage	positif
Grossmann *et al*. 2006	1	6, 85	EEG (Nc, Pc)	Féminin, statique + voix (concordante ou non)	Joie/Colère	positif
Grossmann *et al*. 2007	1	7	Préférence visuelle + EEG (Nc)	Féminin, statique	Joie/Colère	positif
Hoehl *et al*. 2008	1	7, 46	EEG (Nc, Pc)	Féminin/Masculin, statiques, regard vers un objet de côté	Peur/Neutre	positif
	2	7, 49		Féminin/Masculin, statiques, regard direct + objet de côté		négatif
Hoehl & Striano, 2008	1	7, 36	EEG (Nc, N290, P400)	Féminin/Masculin, statique, regard (in)direct	Colère/Peur	positif
Kobiella *et al*. 2008	1	6, 72	ERP (Nc, N290, P400)	Féminin, statique	Colère/Peur	positif
Kotsoni *et al*. 2001	1	7, 06	Préférence visuelle	Féminins, statiques	Joie/Peur (morphes)	positif
	2	7, 13	Déshabituation + effet de catégorisation			positif
La Barbera *et al*. 1979	1	6, 07	Durée de la première fixation	Masculin (non apparié), statique	Joie/Colère/Neutre	Joie
Leppänen & Nelson, 2009	1	6, 94	Déshabituation + effet de catégorisation	Féminin, statique	Joie/Tristesse (morphes)	positif
	2	6, 94	ERP (Nc, P400) + effet de catégorisation			positif
Leppänen *et al*. 2007	1	7, 03	Préférence visuelle + ERP (Nc, P400)	Féminin, statique	Peur/Joie/Neutre	positif (peur)
Leppänen *et al*. 2010	1	7, 08	Mesure de l'attention (cible périphérique, ECG)	Féminin, statique	Peur/Joie/Neutre	positif (peur)
Ludemann, 1991	1	7, 12	Déshabituation : discrimination généralisée	Féminins, statiques	Positif (Joie/Surprise)/ Négatif (Colère/Peur)	négatif
	2	7, 10			Positif (mélange)/Négatif (mélange)	négatif

(Suite)

Tableau 3. (Suite)

Référence	#	Age (mois)	Procédure(s)	Modèle(s)	Émotion(s)	Résultat(s)
	3	7, 01			Habituation : Joie Test : Positif (mélange)/négatif (mélange)	positif
	4	7, 00			Habituation : Positif (mélange) Test : Joie/Colère	négatif
Nakato *et al*. 2011	1	6, 59	NIRS (capteurs temporaux)	Féminin, statique	Joie/Colère	positif
Nelson *et al*, 1979	1	6, 95	Déshabituation : discrimination généralisée	Féminin, statique	Joie/Peur	Joie → Peur
	2	7, 00		Féminins, statiques (un seul modèle en habituation)		négatif
	3	6, 95		Féminins, statiques (deux modèles en habituation)		Joie → Peur Joie → Peur
Nelson & Dolgin, 1985	1	6,50-7,66	Déshabituation : discrimination généralisée	Féminins et masculins, statiques	Joie/Peur	Joie → Peur
	2	6,77-7,52	Préférence visuelle			positif
Nelson & De Haan, 1996	1	7, 00	ERP (EP, Nc, LP)	Féminin, statique	Joie/Peur	positif
	2	7, 12			Peur/Colère	négatif
Peltola *et al*. 2009	1	7	Préférence visuelle + ERP (Nc)	Féminin, statique	Joie/Peur	positif
Peltola *et al*. 2011	1	7, 10	Mesures de l'attention (cible périphérique, ECG)	Féminins, statiques	Joie/Peur	positif
Rochat *et al*. 2002	1	6	Annulation de l'effet du visage impassible	Féminin	Joie/Tristesse/Neutre	négatif
Soken & Pick, 1992	1	7, 03	Préférence visuelle	Modèle féminin, vidéos + voix concordante ou non (personne différente)	Joie/Colère	négatif
	2			Modèle féminin, points animés + voix concordante ou non		positif
	3	7, 11		Modèle féminin, points animés + voix concordante ou non (même personne)		positif
Soken & Pick, 1999	1	7	Préférence visuelle	Modèles féminins, vidéos + voix concordante ou non	Joie/Intérêt/Colère/Tristesse	positif
Striano *et al*. 2002	1	5, 91	Préférence visuelle + corrélation au score de dépression maternelle depuis la naissance	Modèle féminin, statique	Neutre/Sourire (différentes intensités)	positif, corrélé
	2				Neutre/Tristesse (différentes intensités)	positif, non corrélé

peut noter que cette différence inter-hémisphérique est cohérente avec l'idée d'un différentiel inter-hémisphérique d'activité cérébrale en fonction de la valence (positive ou négative) des stimuli, les émotions positives correspondant à une suractivité de l'hémisphère gauche et inversement pour les émotions négatives (Canli, 1999).

2.5. Synthèse : trajectoire développementale de la discrimination des principales expressions faciales émotionnelles

Le Tableau 4 (page suivante) résume les résultats présentés précédemment afin de mieux cerner la trajectoire développementale de la discrimination des principales expressions faciales émotionnelles. Seuls les résultats des études utilisant comme stimuli des images statiques unimodales sont présentés, car ces dernières sont les plus utilisées par les chercheurs.

3. DISCUSSION

De ce Tableau 4, il apparaît que les contrastes incluant les expressions de sourire, de peur et de colère sont nettement plus étudiés que les autres, toutes méthodes confondues. Les autres contrastes, lorsqu'ils sont rapportés, sont rarement reproduits. La perception de l'expression de dégoût n'est jamais étudiée, alors que les nouveau-nés peuvent produire des moues en réaction à de mauvaises odeurs (Steiner, 1979). Les études chez les adultes ont montré que la perception des expressions de sourire, de peur et de colère est atypique : les expressions de sourire sont reconnues à des niveaux de masquage plus élevés que les autres expressions (Esteves & Öhman, 1993 ; Milders, Sahraie, & Logan, 2008), les visages de peur engagent particulièrement l'amygdale y compris à un niveau perceptif subliminal (Etkin *et al.* 2004), les visages de colère sont plus facilement détectés dans les tâches de recherche visuelle (Hansen & Hansen, 1988). Enfin, reconnaître ces trois expressions correctement et rapidement possède une valeur adaptative, ce qui laisse supposer que des contraintes fortes pourraient s'exercer sur ces fonctions à supposer qu'elles soient isolables de la capacité de percevoir les expressions faciales en général. Une telle dissociation trouve un soutien partiel dans les résultats chez les nourrissons, qui montrent que toutes les expressions ne sont pas perçues exactement au même âge, et dans les résultats de neuroimagerie chez l'adulte, qui

Tableau 4. Résumé des résultats de (A) EEG et NIRS, (B) préférence visuelle, (C) déshabituation, et (D) discrimination généralisée. Les résultats positifs dans un seul sens du contraste (Joie→Peur, mais pas Peur→Joie, par exemple) sont comptabilisés comme positifs

Table 4. Summary of (A) EEG and NIRS, (B) looking preference, (C) dishabituation, and (D) generalized discrimination results. Results with an order effect (par ex. Joy→Fear, but no Fear→Joy dishabituation) count as positive results

	Tristesse				Peur				Colère				Neutre				Suprise				
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	Age
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1/1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	naissance
Joie	N/A	N/A	2/3	1/1	0/1	0/1	2/2	N/A	1/1	1/1	N/A	N/A	0/1	3/3	2/2	N/A	N/A	N/A	2/3	N/A	2-5 mois
	1/1	N/A	1/1	N/A	3/3	4/4	1/1	3/4	3/3	2/2	1/1	N/A	0/1	2/3	1/1	N/A	N/A	N/A	1/1	1/1	6-8 mois
					N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	naissance
	Tristesse				N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1/1	N/A	N/A	N/A	N/A	0/1	N/A	2-5 mois
					N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1/1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6-5 mois
									N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	0/1	0/1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	naissance
					Peur				N/A	N/A	1/1	N/A	1/1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1/1	N/A	2-5 mois
									2/3	N/A	N/A	N/A	2/2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6-5 mois
													N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	naissance
									Colère				1/1	0/1	0/1	N/A	N/A	N/A	1/1	N/A	2-5 mois
													N/A	0/1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	6-5 mois

Note: N/A indique qu'aucune étude de ce type n'a été recensée

montrent l'engagement de réseaux fonctionnels cérébraux plus ou moins distincts en complément d'un réseau commun à la perception de toutes les expressions.

Les contrastes entre les sourires et les autres expressions semblent être discriminés de façon plus précoce et/ou plus robuste que les autres contrastes, mais ce sont aussi les contrastes les plus étudiés (dans le cas de la discrimination généralisée, ce sont même les seuls) : il est donc difficile de savoir s'il faut conclure à une précédence de la perception du sourire ou à un biais dans les protocoles choisis. Dans le premier cas, cette précédence du sourire par rapport aux autres expressions faciales émotionnelles irait de pair avec l'attirance pour les visages souriants chez les nourrissons.

On peut également mettre en relation ce résultat avec le fait que chez les adultes, les visages souriants sont identifiés à des niveaux de masquage plus importants que les autres types de visages émotionnels, notamment ceux de peur (Esteves & Öhman, 1993 ; Milders *et al.* 2008). Ces deux observations, l'une chez le nouveau-né, l'autre chez l'adulte, pointent vers un avantage perceptif et non attentionnel de l'expression de joie par rapport aux autres expressions faciales émotionnelles. On leur donne des interprétations différentes : chez l'adulte, la joie et particulièrement le sourire avec dents visibles est supposée être l'expression la moins ambiguë car peu d'autres expressions sont positives et impliquent la bouche ouverte comme élément diagnostique le plus saillant ; chez le nouveau-né, la joie est supposée être l'expression la plus attirante à cet âge car elle est plutôt familière, et donc ni trop prévisible, ni trop surprenante (Kidd, Piantadosi, & Aslin, 2012). Supposer que cet effet des visages joyeux est imputable à la visibilité des dents est une tautologie puisque cette propriété est la définition même d'un sourire de forte intensité. Cela ne signifie pas que les propriétés perceptives des visages souriants ne soient pas réductibles à leurs propriétés de bas niveau, mais cette idée est remise en question par le fait que les visages de peur présentés en vis-à-vis des visages souriants dans l'étude de Farroni et collaborateurs (2007) possédaient eux-mêmes des éléments saillants : les yeux écarquillés. De plus, les auteurs observent que les visages souriants provoquaient des regards plus longs, mais pas plus d'orientation vers ces stimuli que vers les stimuli de peurs. Or, chez l'adulte au moins les saccades sont mieux prédites par le modèle de la saillance que la durée des fixations (Itti & Koch, 2000 ; Unema, Pannasch, Joos, & Velichkovsky, 2005).

Une façon de relier les observations chez les adultes et chez les nourrissons serait de postuler que l'avantage perceptif des visages souriants est précisément dû à leur fréquence dans la vie quotidienne et en particulier dans les premiers mois de vie. Même chez l'adulte, un sourire serait perçu comme plus simple, car plus typique, et serait reconnu avec moins

d'informations, car plus probable, par un principe de décision perceptuelle de type bayésien (Kersten, Mamassian, & Yuille, 2004 ; Maloney & Mamassian, 2009). Selon cette hypothèse, si l'on manipule la fréquence des visages souriants de telle sorte qu'ils soient aussi fréquents que les autres, leur avantage perceptif devrait disparaître. Les résultats chez les nourrissons élevés par une mère souffrant de dépression post-partum (et donc moins enclines à sourire) valident partiellement cette prédiction : ces nourrissons présentent à 3 et 5 mois une moindre capacité à discriminer les sourires des autres expressions (Field *et al.* 1998 ; Bornstein *et al.* 2011), et à notre connaissance aucune étude n'a testé l'effet de la dépression maternelle chez les nouveau-nés. Les nouveau-nés s'orientent vers un visage souriant apparié à un visage de peur (Farroni *et al.* 2007), alors que les sourires ne leur sont encore que peu familiers : on s'attendrait à ce que chez les nouveau-nés, la dépression maternelle n'ait pas d'effet, à moins qu'une exposition de quelques jours suffise à développer cette attirance (quelques jours suffisent à un nouveau-né pour apprendre le visage de sa mère, *cf*. Pascalis *et al*. 1995). À presque 6 mois, ces nourrissons montrent au contraire une plus grande attirance pour les visages souriants que les autres nourrissons ayant des mères non dépressives (Striano *et al.* 2002), une observation cohérente avec une relative immaturité de leur perception du sourire. Enfin, la singularité de leur expérience des visages ne peut être dissociée de la singularité de leur développement socio-émotionnel propre, lui aussi affecté par la dépression maternelle (Field, Fox, Pickens & Nawrocki, 1995). Dans ce cas comme dans celui des psychopathologies de l'adulte, la perception des visages émotionnels affecte et reflète des processus plus généraux.

Une autre façon d'expliquer l'avantage perceptuel des sourires invoquerait la tendance à imiter involontairement les expressions perçues, ainsi que la tendance des parents à encourager les sourires des nourrissons en particulier en réponse à leurs propres sourires.

Cette dernière tendance promouvrait ainsi à la fois la reconnaissance et la production des sourires, et en synergie probablement. Les nouveau-nés sont musculairement capables de produire de nombreuses expressions faciales (Reissland, Francis, Mason, & Lincoln, 2011). Ils produisent spontanément des expressions faciales en réponse à des odeurs (Steiner, 1979) et leurs muscles corrugateurs du sourcil se contractent en réponse aux stimuli aversifs (Trapanotto *et al.* 2004). Cependant, seule l'expression du sourire est socialement encouragée. D'une façon générale, l'hypothèse d'un lien entre perception et production des mouvements faciaux est toujours d'actualité et a produit des résultats fructueux dans le domaine de la perception des syllabes (Coulon *et al.* 2012). L'étude des adultes

présentant un syndrome de Moebius, c'est-à-dire une paralysie faciale congénitale, a montré que ces patients ont un léger déficit de reconnaissance des expressions faciales émotionnelles par rapport aux sujets sains (Bate, Cook, Mole, & Cole, 2013 ; Bogart & Matsumoto, 2010 ; Calder, Keane, Cole, Campbell, & Young, 2000). Cependant, cette capacité n'est pas complètement absente, et le déficit est relativement léger en tout cas chez les adultes. Il n'est pas exclu que chez ces patients la perception des expressions faciales ait suivi une trajectoire développementale atypique, ou que l'absence de déficit comportemental soit accompagnée de particularités identifiables en neuroimagerie. À notre connaissance, aucune étude n'a traité de la perception des visages émotionnels chez les patients Moebius jeunes, ou en neuroimagerie chez les patients adultes.

Enfin, la question de la valence affective des expressions faciales pour les nourrissons est peu abordée dans les études présentées par cette revue. Cela pose particulièrement problème pour l'expression faciale neutre, souvent employée comme contrôle alors que leur valeur affective n'est pas évidente : ces expressions sont-elles plus négatives que neutres ? Plusieurs méthodes permettent d'évaluer la composante d'activation physiologique (*arousal*) de la charge émotionnelle des stimuli chez les nourrissons, par exemple les mesures de pupillométrie (Geangu *et al.* 2011 ; Partala & Surraka 2002) ou de mesure du rythme cardiaque (Leppänen *et al.* 2010, Peltola *et al.* 2011). En revanche, seules les mesures d'activité différentielle inter-hémisphérique en NIRS (Nakato *et al.* 2011) ou en EEG (Ahern & Schwartz, 1985 ; Canli, 1999) ont été utilisées pour inférer la valence émotionnelle des stimuli présentés, d'une manière assez peu spécifique. La méthode de déshabituation n'a pas permis de mettre en évidence de catégories regroupant les émotions positives d'une part et négatives d'autre part chez les nourrissons de 7 mois (Ludemann, 1991). À notre connaissance, aucune étude n'utilise de mesures EMG de l'activité du muscle corrugateur du sourcil et/ou du zygomatique majeur pour mesurer indirectement la valence des expressions faciales émotionnelles chez le nourrisson.

En conclusion, après avoir discuté de questions et de problèmes méthodologiques et théoriques soulevés par l'ensemble de ces études sur le développement précoce de la discrimination des expressions faciales émotionnelles, cette revue montre clairement que cette capacité émerge progressivement. Ainsi, probablement dès la naissance (et sûrement lors des premiers mois), les nourrissons présentent une capacité à percevoir des changements d'expression faciale ainsi qu'une attirance pour les visages joyeux. Après les premiers mois de vie, ils sont capables de distinguer les visages joyeux d'autres expressions faciales. Enfin, c'est à partir de 6 à 7 mois

que les nourrissons sont attirés par les visages de peur et qu'ils deviennent capables de distinguer entre elles les expressions autres que la joie.

Reçu le 29 janvier 2013.
Révision acceptée le 22 novembre 2013.

BIBLIOGRAPHIE

Adolphs, R., Damasio, H., & Tranel, D. (2002). Neural systems for recognition of emotional prosody: a 3-D lesion study. *Emotion*, *2*, 23.

Ahern, G. L., & Schwartz, G. E. (1985). Differential lateralization for positive and negative emotion in the human brain: EEG spectral analysis. *Neuropsychologia*, *23*, 745-755.

Aviezer, H., Trope, Y., & Todorov, A. (2012). Body cues, not facial expressions, discriminate between intense positive and negative Emotions. *Science*, *338*, 1225-1229.

Barrera, M. E., & Maurer, D. (1981). The perception of facial expressions by the three-monthold. *Child Development*, *52*, 203-206.

Barrett, L. F. (2006). Are emotions natural kinds? *Perspectives on Psychological Science*, *1*, 28-58.

Bate, S., Cook, S. J., Mole, J., & Cole, J. (2013). First report of generalized face processing difficulties in mobius sequence. *PloS ONE*, *8*, e62656.

Bogart, K., & Matsumoto, D. (2010). Facial mimicry is not necessary to recognize emotion: Facial expression recognition by people with Moebius syndrome. *Social Neuroscience*, *5*, 241-251.

Bornstein, M. H., & Arterberry, M. E. (2003). Recognition, discrimination and categorization of smiling by 5-month-old infants. *Developmental Science*, *6*, 585-599.

Bornstein, M. H., Arterberry, M. E., Mash, C., & Manian, N. (2011). Discrimination of facial expression by 5-month-old infants of nondepressed and clinically depressed mothers. *Infant Behavior Development*, *34*, 100-106.

Bradley, B. P., Mogg, K., White, J., Groom, C., & Bono, J. (1999). Attentional bias for emotional faces in generalized anxiety disorder. *British Journal of Clinical Psychology*, *38*, 267-278.

Calder, A. J., Keane, J., Cole, J., Campbell, R., & Young, A. W. (2000). Facial expression recognition by people with Mobius syndrome. *Cognitive Neuropsychology*, *17*, 73-87.

Canli, T. (1999). Hemispheric asymmetry in the experience of emotion: A perspective from functional imaging. *The Neuroscientist*, *5*, 201-207.

Caron, A. J., Caron, R. F., & Maclean, D.J. (1988). Infant discrimination of naturalistic emotional expressions : The role of face and voice. *Child Development*, *59*, 604-616.

Caron, R. F., Caron, A. J., & Myers, R.S. (1982). Abstraction of invariant face expressions. *Child Development*, *53*, 1008.

Caron, R. F., Caron, A. J., & Myers, R. S. (1985). Do infants see emotional expressions in static faces? *Child Development*, *56*, 1552-1560.

Cheng, Y., Lee, S.-Y., Chen, H.-Y., Wang, P.-Y., & Decety, J. (2012). Voice and emotion processing in the human neonatal brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *24*, 1411-1419.

Cosmides, L., & Tooby, J. (1994). Origins of domain specificity: The evolution of functional organization. *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*, 85-116.

Coulon, M., Hemimou, C., & Streri, A. (2012). Effects of seeing and hearing vowels on neonatal facial imitation. *Infancy*.

Critchley, H. D., Daly, E. M., Bullmore, E.T., Williams, S. C. R., Van Amelsvoort, T., Robertson, D. M. (2000). The functional neuroanatomy of social behaviour changes in cerebral blood flow when people with autistic disorder process facial expressions. *Brain*, *123*, 2203-2212.

Darwin, C. (1872). *The expression of the emotions in man and animals*. London, England: John Murray.

De Casper, A., & Fifer, W. (1980). Of human bonding: newborns prefer their mother's voice. *Science*, *208*, 1174-1176

De Casper, A., Lecanuet, P.-P., Busnel, M.-C., Granier-Deferre, C., & Maugeais, R. (1994). Fetal reactions to recurrent maternal speech. *Infant Behavior and Development*, *17*, 159-164

De Haan, M., Pascalis, O., & Johnson, M. H. (2002). Specialization of neural mechanisms underlying face recognition in human infants. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *14*, 199-209.

Dehaene-Lambertz, G., Dehaene, S., & Hertz-Pannier, L. (2002). Functional neuroimaging of speech perception in infants. *Science*, *298*, 2013-2015.

D'Entremont, B., Hains, S. M. J., & Muir, D. W. (1997). A demonstration of gaze following in 3-to 6-month-olds. *Infant Behavior and Development*, *20*, 569-572.

Di Giorgio, E., Leo, I., Pascalis, O., & Simion, F. (2012). Is the face-perception system human-specific at birth? *Developmental psychology*, *48*, 1083.

Dondi, M., Simion, F., & Caltran, G. (1999). Can newborns discriminate between their own cry and the cry of another newborn infant? *Developmental Psychology*, *35*, 418-426.

Ekman, P. (1993). Facial expression and emotion. *American Psychologist*, *48*, 384.

Ekman, P., & Friesen, W. V. (1971). Constants across cultures in the face and emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, *17*, 124.

Ekman, P., & Oster, H. (1979). Facial expressions of emotion. *Annual Review of Psychology*, *30*, 527-554.

Esteves, F. (1993). Masking the face: Recognition of emotional facial expressions as a function of the parameters of backward masking. *Scandinavian Journal of Psychology*, *34*, 1-18.

Etkin, A., Klemenhagen, K. C., Dudman, J. T., Rogan, M. T., Hen, R. E., Kandel, E. R. (2004). Individual differences in trait anxiety predict the response of the basolateral amygdala to unconsciously processed fearful faces. *Neuron*, *44*, 1043-1055.

Fantz, R. L. (1958). Pattern vision in young infants. *The Psychological Record*, *8*, 43-47.

Farroni, T., Menon, E., Rigato, S., & Johnson, M. H. (2007). The perception of facial expressions in newborns. *European Journal of Developmental Psychology*, *4*, 2-13.

Feinman, S. (1982). Social referencing in infancy. *Merrill-Palmer Quarterly: Journal of Developmental Psychology*, *28*, 445-470.

Field, T., Fox, N. A., Pickens, J., & Nawrocki, T. (1995). Relative right frontal EEG activation in 3-to 6-month-old infants of "depressed" mothers. *Developmental Psychology*, *31*, 358.

Field, T., Pickens, J., Fox, N. A., Gonzalez, J., & Nawrocki, T. (1998). Facial expression and EEG responses to happy and sad faces/voices by 3-month-old infants of depressed mothers. *British Journal of Developmental Psychology*, *16*, 485-494.

Field, T. M., Woodson, R., Greenberg, R., & Cohen, D. (1982). Discrimination and imitation of facial expression by neonates. *Science*, *218*, 179-181.

Flom, R., & Bahrick, L. E. (2007). The development of infant discrimination of affect in multimodal and unimodal stimulation: The role of intersensory redundancy. *Developmental Psychology*, *43*, 238-252.

Fodor, J. A. (1983). *The Modularity of Mind: An Essay on Faculty Psycholgy.* The MIT Press.

Galati, D., Sini, B., Schmidt, S., & Tinti, C. (2003). Spontaneous facial expressions in congenitally blind and sighted children aged 8-11. *Journal of Visual Impairment \& Blindness*, *97*, 418-428.

Gallese, V., Keysers, C., & Rizzolatti, G. (2004). A unifying view of the basis of social cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, *8*, 396-403.

Geangu, E., Benga, O., Stahl, D., & Striano, T. (2010). Contagious crying beyond the first days of life. *Infant Behavior and Development*, *33*, 279-288.

Geangu, E., Hauf, P., Bhardwaj, R., & Bentz, W. (2011). Infant pupil diameter changes in response to others' positive and negative emotions. *PloS ONE*, *6*, e27132.

Grossmann, T., Striano, T., & Friederici, A. D. (2006). Crossmodal integration of emotional information from face and voice in the infant brain. *Developmental Science*, *9*, 309-315.

Grossmann, T., & Johnson, M. H. (2007). The development of the social brain in human infancy. *European Journal of Neuroscience*, *25*(4), 909-919.

Grossmann, T., Striano, T., & Friederici, A. D. (2007). Developmental changes in infants' processing of happy and angry facial expressions: A neurobehavioral study. *Brain and Cognition*, *64*, 30-41.

Guellai, B., & Streri, A. (2011). Cues for early social skills: direct gaze modulates newborns' recognition of talking faces. *PloS ONE*, *6*, e18610.

Halit, H., De Haan, M., & Johnson, M. H. (2003). Cortical specialisation for face processing: face-sensitive event-related potential components in 3-and 12-month-old infants. *Neuroimage*, *19*(3), 1180-1193.

Hansen, C. H., & Hansen, R. D. (1988). Finding the face in the crowd: an anger superiority effect. *Journal of Personality and Social Psychology*, *54*, 917.

Haviland, J. M., & Lelwica, M. (1987). The induced affect response: 10-week-old infants' responses to three emotion expressions. *Developmental Psychology*, *23*, 97-104.

Hein, G., & Knight, R. T. (2008). Superior Temporal Sulcus—It's my Area: Or is it? *Journal of Cognitive Neuroscience*, *20*, 2125-2136.

Hoehl, S., Palumbo, L., Heinisch, C., & Striano, T. (2008). Infants' attention is biased by emotional expressions and eye gaze direction. *Neuroreport*, *19*, 579-582.

Hoehl, S., & Striano, T. (2008). Neural processing of eye gaze and threat-related emotional facial expressions in infancy. *Child Development*, *79*, 1752-1760.

Hoehl, S., Wiese, L., & Striano, T. (2008). Young infants' neural processing of objects is affected by eye gaze direction and emotional expression. *PLoS ONE*, *3*, e2389.

Hood, B. M., Willen, J. D., & Driver, J. (1998). Adult's eyes trigger shifts of visual attention in human infants. *Psychological Science*, *9*, 131-134.

Itier, R. J., & Taylor, M. J. (2004). Source analysis of the N170 to faces and objects. *NeuroReport*, *15*, 1261-1265.

Itti, L., & Koch, C. (2000). A saliency-based search mechanism for overt and covert shifts of visual attention. *Vision research*, *40*, 1489-1506.

Jack, R. E., Garrod, O. G. B., Yu, H., Caldara, R., & Schyns, P. G. (2012). Facial expressions of emotion are not culturally universal. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*, 7241-7244.

Jack, R. E., Garrod, O. G. B., Yu, H., Caldara, R., & Schyns, P. G. (2013). Reply to Sauter and Eisner: Differences outweigh commonalities in the communication of emotions across human cultures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*, E181–E182.

Johnson, M. H. (2005). Subcortical face processing. *Nature Review Neuroscience*, *6*(10), 766-774.

Kahana-Kalman, R., & Walker-Andrews, A. S. (2001). The role of person familiarity in young infants' perception of emotional expressions. *Child Development*, *72*, 352.

Kaitz, M., Meschulach-Sarfaty, O., Auerbach, J., & Eidelman, A. (1988). A reexamination of newborns' ability to imitate facial expressions. *Developmental Psychology*, *24*, 3.

Kelly, D. J., Quinn, P. C., Slater, A. M., Lee, K., Ge, L., & Pascalis, O. (2007). The other-race effect develops during infancy evidence of perceptual narrowing. *Psychological Science*, *18*, 1084-1089.

Kersten D, Mamassian P, & Yuille A. (2004) Object perception as Bayesian inference. *Annual Review of Psychology*, *55*, 271-304.

Kidd, C., Piantadosi, S. T., & Aslin, R.N. (2012). The Goldilocks effect: Human infants allocate attention to visual sequences that are neither too simple nor too complex. *PloS ONE*, *7*, e36399.

Kliemann, D., Dziobek, I., Hatri, A., Baudewig, J., & Heekeren, H. R. (2012). The role of the amygdala in atypical gaze on emotional faces in autism spectrum disorders. *The Journal of Neuroscience*, *32*, 9469-9476.

Kobiella, A., Grossmann, T., Reid, V. M., & Striano, T. (2008). The discrimination of angry and fearful facial expressions in 7-month-old infants: An event-related potential study. *Cognition & Emotion*, *22*, 134-146.

Kotsoni, E., de Haan, M., & Johnson, M. H. (2001). Categorical perception of facial expressions by 7-month-old infants. *Perception*, *30*, 1115-1125.

Kuchuk, A., Vibbert, M., & Bornstein, M. H. (1986). The perception of smiling and its experimental correlates. *Child Development*, *57*, 1054.

La Barbera, J. D., Izard, C. E., Vietze, P., & Parisi, S. A. (1976). Four-and six-month-old infants' visual responses to joy, anger, and neutral expressions. *Child Development*, *47*, 535-538.

Lawrence, N. S., Williams, A. M., Surguladze, S., Giampietro, V., Brammer, M. J., Andrew, C. (2004). Subcortical and ventral prefrontal cortical neural responses to facial expressions distinguish patients with bipolar disorder and major depression. *Biological psychiatry*, *55*, 578-587.

Leppänen, J., Peltola, M. J., M., M., Koivuluoma, M., Salminen, A., & Puura, K. (2010). Cardiac and behavioral evidence for emotional influences on attention in 7-month-old infants. *International Journal of Behavioral Development*, *34*, 547-553.

Leppänen, J. M., Moulson, M. C., Vogel-Farley, V. K., & Nelson, C. A. (2007). An ERP study of emotional face processing in the adult and infant brain. *Child development*, *78*, 232-245.

Leppänen, J. M., & Nelson, C. A. (2009). Tuning the developing brain to social signals of emotions. *Nature Review Neuroscience*, *10*, 37-47.

Ludemann, P. M. (1991). Generalized discrimination of positive facial expressions by sevenand ten-month-old infants. *Child Development*, *62*, 55.

Lynch, T. R., Rosenthal, M. Z., Kosson, D. S., Cheavens, J. S., Lejuez, C. W., Blair, R. J. (2006). Heightened sensitivity to facial expressions of emotion in borderline personality disorder. *Emotion*, *6*, 647.

Maloney, L. T., & Mamassian, P. (2009). Bayesian decision theory as a model of human visual perception: Testing Bayesian transfer. *Visual Neuroscience*, *26*, 147-155.

Mameli, M., & Bateson, P. (2006). Innateness and the sciences. *Biology and Philosophy*, *21*, 155-188.

Mandal, M. K., Pandey, R., & Prasad, A. B. (1998). Facial expressions of emotions and schizophrenia: a review. *Schizophrenia Bulletin*, *24*, 399-412.

Martin, G. B., & Clark, R. D. (1982). Distress crying in neonates: Species and peer specificity. *Developmental Psychology*, *18*, 3.

Mastropieri, D., & Turkewitz, G. (1999). Prenatal experience and neonatal responsiveness to vocal expressions of emotion. *Developmental Psychobiology*, *35*, 204-214.

Mead, M., & Gordan, J. (1976). *Margaret Mead: the complete bibliography*, *1925-1975*. Walter de Gruyter.

Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. (1977). Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science*, *198*, 75-78.

Meltzoff, A. N., & Moore, M. K. (1983). Newborn infants imitate adult facial gestures. *Child Development*, 702-709.

Milders, M., Sahraie, A., & Logan, S. (2008). Minimum presentation time for masked facial expression discrimination. *Cognition and Emotion*, *22*, 63-82.

Montague, D. P., & Walker-Andrews, A. S. (2001). Peekaboo: a new look at infants' perception of emotion expressions. *Developmental Psychology*, *37*, 826-838.

Montague, D. R. F., & Walker-Andrews, A.S. (2002). Mothers, fathers, and infants: the role of person familiarity and parental involvement in infants' perception of emotion expressions. *Child Development*, *73*, 1339-1352.

Moon, C., Cooper, R., & Fifer, W.P. (1993). Two-days-olds prefer their native language. *Infant Behavior and Development*, *16*, 495-500.

Nakato, E., Otsuka, Y., Kanazawa, S., Yamaguchi, M. K., & Kakigi, R. (2011). Distinct differences in the pattern of hemodynamic response to happy and angry facial expressions in infants -A near-infrared spectroscopic study. *NeuroImage*, *54*, 1600-1606.

Nelson, C. A. (1987). The recognition of facial expressions in the first two years of life: mechanisms of development. *Child Development*, *58*, 889.

Nelson, C. A., & De Haan, M. (1996). Neural correlates of infants' visual responsiveness to facial expressions of emotion. *Developmental Psychobiology*, *29*, 577-595.

Nelson, C. A., & Dolgin, K. G. (1985). The generalized discrimination of facial expressions by seven-month-old infants. *Child Development*, *56*, 58-61.

Nelson, C. A., Morse, P. A., & Leavitt, L. A. (1979). Recognition of facial expressions by seven-month-old infants. *Child Development*, *50*, 1239.

Nikkel, L., & Karrer, R. (1994). Differential effects of experience on the ERP and behavior of 6-month-old infants: Trends during repeated stimulus presentations. *Developmental Neuropsychology*, *10*, 1-11.

Partala, T., & Surakka, V. (2003). Pupil size variation as an indication of affective processing. *International Journal of Human-Computer Studies*, *59*, 185-198.

Pascalis, O., & Bachevalier, J. (1998). Face recognition in primates: A cross-species study. *Science*, *43*, 87-96.

Pascalis, O., de Haan, M., & Nelson, C. A. (2002). Is face processing species-specific during the first year of life? *Science*, *296*, 1321-1323.

Pascalis, O., de Schonen, S., Morton, J., Deruelle, C., & Fabre-Grenet, M. (1995). Mother's face recognition by neonates: A replication and an extension. *Infant Behavior and Development*, *18*, 79-85.

Pelaez, M., Virues-Ortega, J., & Gewirtz, J. L. (2012). Acquisition of social referencing via discrimination training in infants. *Journal of applied behavior analysis*, *45*, 23-36.

Peleg, G., Katzir, G., Peleg, O., Kamara, M., Brodsky, L., Hel-Or, H. (2006). Hereditary family signature of facial expression. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *103*, 15921-15926.

Peltola, M. J., Leppänen, J. M., Palokangas, T., & Hietanen, J. K. (2008). Fearful faces modulate looking duration and attention disengagement in 7-month-old infants. *Developmental science*, *11*, 60-68.

Peltola, M. J., Leppänen, J. M., & Hietanen, J. K. (2011). Enhanced cardiac and attentional responding to fearful faces in 7-month-old infants. *Psychophysiology*, *48*, 1291-1298.

Peltola, M. J., Leppänen, J. M., Mäki, S., & Hietanen, J. K. (2009). Emergence of enhanced attention to fearful faces between 5 and 7 months of age. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *4*, 134-142.

Phillips, A. T., Wellman, H. M., & Spelke, E. S. (2002). Infants' ability to connect gaze and emotional expression to intentional action. *Cognition*, *85*, 53-78.

Pollak, S. D., Cicchetti, D., Hornung, K., Reed, A. (2000). Recognizing emotion in faces: Developmental effects of child abuse and neglect. *Developmental Psychology*, *36*, 679.

Pollak, S. D., & Kistler, D. J. (2002). Early experience is associated with the development of categorical representations for facial expressions of emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *99*, 9072-9076.

Rauch, S. L., Whalen, P. J., Shin, L. M., McInerney, S. C., Macklin, M. L., Lasko, N. B. (2000). Exaggerated amygdala response to masked facial stimuli in posttraumatic stress disorder: a functional MRI study. *Biological Psychiatry*, *47*, 769-776.

Reissland, N. (1988). Neonatal imitation in the first hour of life: Observations in rural Nepal. *Developmental Psychology*, *24*, 464.

Reissland, N., Francis, B., Mason, J., & Lincoln, K. (2011). Do facial expressions develop before birth*? PLoS ONE*, *6*, e24081.

Rochat, P., Striano, T., & Blatt, L. (2002). Differential effects of happy, neutral, and sad stillfaces on 2-, 4-and 6-month-old infants. *Infant and Child Development*, *11*, 289-303.

Sander, D., & Scherer, K. (2009). *Traite de psychologie des émotions*. Paris : Hachette.

Sauter, D. A., & Eisner, F. (2013). Commonalities outweigh differences in the communication of emotions across human cultures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*, E180.

Serrano, J. M., Iglesias, J., & Loeches, A. (1992). Visual discrimination and recognition of facial expressions of anger, fear, and surprise in 4-to 6-month-old infants. *Developmental Psychobiology*, *25*, 411-425.

Sievers, B., Polansky, L., Casey, M., & Wheatley, T. (2013). Music and movement share a dynamic structure that supports universal expressions of emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *110*, 70-75.

Simner, M. L. (1971). Newborn's response to the cry of another infant. *Developmental Psychology*, *5*, 136.

Soken, N. H., & Pick, A. D. (1992). Intermodal perception of happy and angry expressive behaviors by seven-month-pld infants. *Child Development*, *63*, 787-795.

Soken, N. H., & Pick, A. D. (1999). Infants' perception of dynamic affective expressions: do infants distinguish specific expressions? *Child Development*, *70*, 1275-1282.

Sorce, J. F., Emde, R. N., Campos, J. J., & Klinnert, M. D. (1985). Maternal emotional signaling: Its effect on the visual cliff behavior of 1-year-olds. *Developmental Psychology*, *21*, 195-200.

Sprengelmeyer, R., Young, A. W., Pundt, I., Sprengelmeyer, A., Calder, A. J., Berrios, G. (1997). Disgust implicated in obsessive–compulsive disorder. *Proceedings of the*

*Royal Society of Londo*n. *Series B: Biological Sciences*, *264*, 1767-1773.

Steiner, J. E. (1979). Human facial expressions in response to taste and smell stimulation. *Advances in child development and behavior*, *13*, 5.

Stevens, D., Charman, T., & Blair, R. J. R. (2001). Recognition of emotion in facial expressions and vocal tones in children with psychopathic tendencies. *The Journal of Genetic Psychology*, *162*, 201-211.

Striano, T., Brennan, P. A., & Vanman, E. J. (2002). Maternal depressive symptoms and 6month-old infants' sensitivity to facial expressions. *Infancy*, *3*, 115-126.

Striano, T., Kopp, F., Grossmann, T., & Reid, V. M. (2006). Eye contact influences neural processing of emotional expressions in 4-month-old infants. *Social cognitive and affective neuroscience*, *1*, 87-94.

Toda, S., & Fogel, A. (1993). Infant response to the still-face situation at 3 and 6 months. *Developmental Psychology*, *29*, 532.

Tracy, J. L., & Matsumoto, D. (2008). The spontaneous expression of pride and shame: Evidence for biologically innate nonverbal displays. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*, 11655-11660.

Trapanotto, M., Benini, F., Farina, M., Gobber, D., Magnavita, V., & Zacchello, F. (2004). Behavioural and physiological reactivity to noise in the newborn. *Journal of Paediatrics and Child Health*, *40*, 275-281.

Tronick, E., Als, H., Adamson, L., Wise, S., & Brazelton, T. B. (1979). The infant's response to entrapment between contradictory messages in face-to-face interaction. *Journal of the American Academy of Child Psychiatry*, *17*, 1-13.

Tzourio-Mazoyer, N., De Schonen, S., Crivello, F., Reutter, B., Aujard, Y., & Mazoyer, B. (2002). Neural correlates of woman face processing by 2-month-old infants. *Neuroimage*, *15*(2), 454-461.

Unema, P. J. A., Pannasch, S., Joos, M., & Velichkovsky, B. M. (2005). Time course of information processing during scene perception: The relationship between saccade amplitude and fixation duration. *Visual Cognition*, *12*, 473-494.

Vaillant-Molina, M., & Bahrick, L. E. (2012). The role of intersensory redundancy in the emergence of social referencing in 5 1/ 2-month-old infants. *Developmental Psychology*, *48*, 1-9.

Vinter, A. (1985). *L'Imitation chez le nouveau né*.

Vuilleumier, P., Richardson, M. P., Armony, J. L., Driver, J., & Dolan, R. J. (2004). Distant influences of amygdala lesion on visual cortical activation during emotional face processing. *Nature neuroscience*, *7*, 1271-1278.

Walden, T. A., & Ogan, T. A. (1988). The development of social referencing. *Child development*, *59*, 1230-1240.

Young-Browne, G., Rosenfeld, H. M., & Horowitz, F. D. (1977). Infant discrimination of facial expressions. *Child Development*, *48*, 555-562.