

Université de Montréal

Facteurs génétiques et environnementaux du développement émotionnel
chez le nourrisson – la réactivité chez des jumeaux de 5 mois

par
Erika Dugas

Département d'anthropologie
Faculté des arts et des sciences

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures
en vue de l'obtention du grade de M.Sc.
en anthropologie

décembre 2005

© Erika Dugas, 2005



Direction des bibliothèques

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Université de Montréal
Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :

Facteurs génétiques et environnementaux du développement émotionnel
chez le nourrisson – la réactivité chez des jumeaux de 5 mois

Présenté par :

Erika Dugas

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Gilles Bibeau
président-rapporteur

Daniel Pérusse
directeur de recherche

Francis Forest
membre du jury

Résumé

Soumis à un stimulus intrusif et inconnu, soit une procédure expérimentale d'extraction salivaire, la réactivité comportementale de 548 jumeaux monozygotes (MZ) et dizygotes (DZ) âgés de 5 mois, dans le cadre de l'Étude des jumeaux nouveau-nés du Québec, a été observée et mesurée grâce à des outils développés pour cette problématique. Nous souhaitons réaliser une estimation de l'apport des composantes génétiques et environnementales de la manifestation du phénotype étudié, dans le cadre de la problématique Nature-Culture. Les modèles obtenus suite à l'analyse de nos données par les modèles de la génétique quantitative nous indique la proportion de l'influence génétique additive (A), de l'environnement commun (C) et de l'environnement unique à l'individu (E). Trois phénotypes ont été retenus, soit Expression Faciale, Vocalise et Agitation. De ces trois variables, seulement une (Expression Faciale) a démontré une influence génétique modeste (modèle AE où $a^2=0.3635$). La variable Vocalise a présenté une influence significative de l'environnement commun (modèle CE où $c^2=0.2632$). Quant à l'Agitation, seul l'environnement unique sembla exercer une influence significative (modèle E où $e^2=1$). La réactivité comportementale à 5 mois, telle que mesurée dans ce contexte, ne semble pas être sous une influence génétique importante.

Mots clés Génétique quantitative; génétique du comportement humain; anthropologie biologique; débat Nature/Culture; devis de jumeaux; inhibition comportementale; réactivité; tempérament

Summary

The objective of this project was to estimate the genetic-environmental etiology of behavioral reactivity in the context of the Nature/Nurture debate. Behavioral reactivity of 548 five-month-old monozygotic (MZ) and dizygotic (DZ) twins was measured through observations of subjects exposed to a novel and intrusive stimulus (salivary extraction), and data were collected using a reactivity scale developed for this procedure within the Quebec Newborn Twin study. Models obtained from our quantitative genetic analyses indicate the proportion of additive genetic influence (A), common environment to both twins (C), and unique environment for each twin (E) for each phenotype. Three phenotypes were retained: Facial Expression; Vocalization; and Body Movement. Only Facial Expression showed a moderate genetic effect (best fitting model = AE where $a^2=0.3635$). Vocalization showed a significant shared environment influence (best fitting model = CE where $c^2=0.2632$), while Bodily Movement showed only non-shared environment influence (best fitting model = E where $e^2=1$). Behavioral reactivity at 5 months, as measured in this context, does not seem to be under important genetic influence.

Key words Quantitative genetics; human behavior genetics; biological anthropology; Nature/Nurture debate; twin design; behavioral inhibition; reactivity; temperament

Table des matières

Résumé.....	iii
Summary.....	iv
Liste des tableaux.....	viii
Liste des figures.....	ix
Liste des sigles et des abréviations.....	x
Dédicaces.....	xi
Remerciements.....	xii
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION GÉNÉRALE	
Introduction.....	2
<i>Développement humain.....</i>	<i>2</i>
<i>Débat Nature/Culture et perspective anthropologique.....</i>	<i>2</i>
<i>Lien avec le présent projet.....</i>	<i>3</i>
<i>Annonce du sujet.....</i>	<i>5</i>
<i>Tempérament.....</i>	<i>6</i>
<i>Inhibition et réactivité comportementale.....</i>	<i>7</i>
<i>Gènes VS Environnement.....</i>	<i>10</i>
<i>Méthodologie.....</i>	<i>14</i>
<i>Cadre d'analyse : devis de jumeaux.....</i>	<i>16</i>
<i>Pertinence, objectifs et hypothèses de recherche</i>	<i>18</i>

CHAPITRE 2 : L'ARTICLE DU MÉMOIRE

Abstract	22
Introduction	23
Method	24
<i>Overview</i>	24
<i>Sample</i>	25
<i>Experimental procedure</i>	26
<i>Outcome variables</i>	27
<i>Data reduction and analysis</i>	28
<i>Phenotypic analysis: Twin designs</i>	28
<i>Genetic analysis: Hierarchical Multilevel Modeling of Twin Data</i>	29
Results	32
<i>Descriptive analyses</i>	32
<i>MZ-DZ Intraclass correlations</i>	32
<i>Genetic modeling</i>	33
<i>Facial Expression</i>	34
<i>Vocalization</i>	34
<i>Bodily Movements</i>	35
Discussion	35
Limitations	40
Conclusion	42
Bibliography	43

Appendix

Appendix 1 : Manuel de codification.....	59
Déclaration des coauteurs.....	71
Note sur la participation des coauteurs.....	72
CHAPITRE 3 : CONCLUSION	
Conclusion.....	74
Bibliographie.....	76

Liste des tableaux

Tableaux du mémoire: *Facteurs génétiques et environnementaux du développement émotionnel chez le nourrisson – la réactivité chez des jumeaux de 5 mois*

Aucun

Tableaux de l'article: *Genetic and Environmental Influences on Infant Reactivity to Novelty: A Twin Study*

Tableau I: Description of the Observational Behavioral Reactivity Scale implemented into the <i>Observer</i> software.....	50
Tableau II: Variable description, Baseline Categories and Categories retained for analyses.....	52
Tableau III: Phenotypic variance structure of a multilevel model of twin data.....	53
Tableau IV: Phenotypic variance structure for the ACE model.....	54
Tableau V: Intercorrelations between Vocalization, Facial Expression and Bodily Movement.....	55
Tableau VI: Intraclass Correlation, Between-Pair Variance and Within-Pair Variance for Facial Expression, Vocalization, and Bodily Movement.....	56
Tableau VII: Model fitting and variance components for Facial Expression, Vocalization and Bodily Movement.....	57

Liste des figures

Figure du mémoire: *Facteurs génétiques et environnementaux du développement émotionnel chez le nourrisson – la réactivité chez des jumeaux de 5 mois*

Figure 1 : Systems Model of Human Behavior..... ix

Figure de l'article: *Genetic and Environmental Influences on Infant Reactivity to Novelty: A Twin Study*

Figure 2: Family room where the salivary extraction took place at 5 months..... 49

Liste des sigles et abréviations

AE : modèle tenant compte d'influences de facteurs génétiques additifs (A) et de l'environnement unique (E)

ACE : modèle tenant compte d'influences de facteurs génétiques additifs (A), de l'environnement commun (C) et de l'environnement unique (E)

ADE : modèle tenant compte d'influences de facteurs génétiques additifs (A), de facteurs génétiques non additifs (D) et de l'environnement unique (E)

CE : modèle tenant compte d'influences de l'environnement commun (C) et de l'environnement unique (E)

E : modèle tenant compte uniquement de l'influence de l'environnement unique (E)

DZ : (jumeaux) dizygotes

MZ : (jumeaux) monozygotes

ÉJNQ : Étude des jumeaux nouveau-nés du Québec

À mes parents,

Euclide et Christina Dugas,

qui ont toujours cru en moi.

Remerciements

Ce projet n'aurait pu être réalisé sans l'appui et la participation de mon directeur de recherche, Dr Daniel Pérusse. Ses bons conseils ont su bien me guider jusqu'à la fin. Sans lui, je n'aurais pas eu accès à un échantillon et à un projet aussi fascinant.

Merci à Pierrich Plusquellec, Gwanaël Morel et Alain Girard, pour votre soutien technique et votre patience avec mes ignorances statistiques.

Merci à Audrey Couture et Nancy Illick, mes deux collègues d'études, pour votre participation dans mon projet et dans la codification de mes données.

Merci Yvonne Robitaille ainsi qu'à toute mon équipe de McGill pour votre participation étroite à ce mémoire.

J'aimerais remercier ma famille ainsi que mes parents bien-aimés, Euclide et Christina Dugas, qui ont toujours cru en moi et en mes rêves. Leur soutien inconditionnel m'a donné le courage de terminer ce projet. Merci de croire en moi!

Merci à tous mes amis pour leur amour, leur amitié et leurs encouragements. Je vous remercie en ordre alphabétique, tout comme au primaire, pour ne pas faire de favoritisme. Vous savez tous que vous avez une place très spéciale dans mon cœur.

Merci à Marc-André Daigle pour semer le bonheur Pointe-Sapinois partout où son beau sourire s'arrête. Merci à mon «frère» Jayson Gallant pour m'avoir accompagné au

travers de la joie, des peines et des nombreux déménagements pendant toutes ces années. Merci à Emmanuelle Hector, ma danseuse préférée, avec qui les sorties divertissantes ne manquent pas. Merci à Annie Labelle, ma jumelle «non fraternelle», pour s'être jointe à moi pour des heures et des heures dans TOUS les cafés de la ville. Mes sessions d'études n'auraient pas été aussi divertissantes sans elle. Merci à Valérie Lacasse, mon aventurière éternelle, pour son épaule réconfortante, pour ces bons conseils et son amitié. Merci tout particulièrement à George Tzavaras pour sa patience et pour être resté à mes côtés pendant mes maintes crises de panique. Seul lui est capable de dire des paroles si douces en de moments si tendus!

Finalement, merci à cette ville unique au monde où j'ai grandi en quelque sorte et où il y a toujours un endroit ouvert à toute heure de la nuit pour me servir un café et prêt à accommoder un ordinateur et tous mes gros bouquins!

Merci!

CHAPITRE 1
INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction

Développement humain

Comment le comportement humain, les affects et les aptitudes cognitives se développent-ils? Les travaux sur le développement de l'enfant ont connu une popularité accrue au cours des dernières décennies. Comme il existe plusieurs façons d'aborder le vaste domaine du développement humain, il existe également plusieurs aspects à étudier : les phénotypes cognitifs, physiques, physiologiques, affectifs et comportementaux. Dans ce présent mémoire, nous allons nous concentrer sur l'aspect affectif du développement humain d'un point de vue anthropologique.

Débat Nature/Culture et perspective anthropologique

Le débat Nature/Culture suppose deux grandes composantes qui affectent simultanément le développement du comportement humain: les facteurs génétiques et les facteurs environnementaux. Départager l'apport de chacune de ces composantes demeure une préoccupation importante. Que ce soit dans le domaine religieux, biologique, anthropologique, sociologique ou autre, les chercheurs tentent perpétuellement d'expliquer la nature des phénomènes, des objets ou encore des individus. Ce grand débat semble donc loin d'être terminé. Que nous pensions aux Grecs qui ressentaient le besoin d'expliquer la nature des phénomènes climatiques par la colère des Dieux de l'Olympe, aux pois de Grégor Mendel, qui donna naissance à la génétique ou à Charles Darwin et la théorie de l'évolution, nous pouvons voir que les êtres humains sont depuis l'aube des temps intéressés et intrigués par la nature des phénomènes de la matière inerte comme du vivant.

Introduction

Développement humain

Comment le comportement humain, les affects et les aptitudes cognitives se développent-ils? Les travaux sur le développement de l'enfant ont connu une popularité accrue au cours des dernières décennies. Comme il existe plusieurs façons d'aborder le vaste domaine du développement humain, il existe également plusieurs aspects à étudier : les phénotypes cognitifs, physiques, physiologiques, affectifs et comportementaux. Dans ce présent mémoire, nous allons nous concentrer sur l'aspect affectif du développement humain d'un point de vue anthropologique.

Débat Nature/Culture et perspective anthropologique

Le débat Nature/Culture suppose deux grandes composantes qui affectent simultanément le développement du comportement humain: les facteurs génétiques et les facteurs environnementaux. Départager l'apport de chacune de ces composantes demeure une préoccupation importante. Que ce soit dans le domaine religieux, biologique, anthropologique, sociologique ou autre, les chercheurs tentent perpétuellement d'expliquer la nature des phénomènes, des objets ou encore des individus. Ce grand débat semble donc loin d'être terminé. Que nous pensions aux Grecs qui ressentaient le besoin d'expliquer la nature des phénomènes climatiques par la colère des Dieux de l'Olympe, aux pois de Grégor Mendel, qui donna naissance à la génétique ou à Charles Darwin et la théorie de l'évolution, nous pouvons voir que les êtres humains sont depuis l'aube des temps intéressés et intrigués par la nature des phénomènes de la matière inerte comme du vivant.

Pour les anthropologues biologiques qui étudient la génétique du comportement humain, le construit psychologique des émotions représente un phénotype largement inexpliqué parmi tant d'autres, quant à ses influences génétiques et environnementales. Quels phénotypes sont innés, génétiques ou de nature biologique? Sont-ils plutôt acquis, c'est-à-dire le fruit de l'apprentissage? Quelle est la contribution de notre environnement – familial, social, culturel – et de notre patrimoine génétique sur tout comportement ou phénotype humain?

Les anthropologues du comportement humain perçoivent la culture comme étant un produit du cerveau. Plus particulièrement, les émotions se traduisent en comportements observables, et dans le même sens, les comportements résultent en pratiques culturelles. La Culture ferait donc partie d'une catégorie particulière de production phénotypique du cerveau humain, soit le comportement au sens large. Puisque le construit émotionnel, regroupant les émotions, les affects, le tempérament, et implicitement l'inhibition et la réactivité comportementale, représente dans un certain sens un moteur fondamental du comportement, il apparaît particulièrement intéressant, dans une perspective Nature/Culture, d'estimer l'apport de l'inné et de l'acquis à ce phénotype. Nous verrons plus tard en quoi le devis de jumeaux nous propose diverses explications à cet égard.

Lien avec le présent projet

Tel que mentionné ci-dessus, la démarche de l'anthropologie biologique s'inscrit dans le débat Nature/Culture en cherchant à comprendre la nature des phénomènes dits "biologiques".

William G. Huitt (1996), inspirée des travaux de Bronfenbrenner, a illustré ce débat, soit la place qu'occupe le construit émotionnel au sein de la Culture. Bronfenbrenner avait proposé une théorie expliquant le développement de l'individu à l'aide d'un système de strates relationnelles formant l'environnement individuel. Selon Huitt, les strates s'imbriquent les unes dans les autres pour former un système relationnel des comportements humains. Bref, la société, la communauté et la Culture réunissent la famille, la religion et le milieu scolaire qui, à leur tour, englobent le corps physique puis le système cognitif, le système de régulation, la biologie, l'âme et enfin le système émotionnel/affectif, le tout enchâssé d'une couche protectrice "globale". Huitt situe ainsi le tempérament, et toutes ses composantes, au cœur de l'être humain. Tout semble y être relié, tout y prend naissance (Figure 1) (Huitt, 1996).

Les émotions se développent rapidement chez l'humain, apparaissant durant la petite enfance entre deux mois et demi et sept mois, et servent d'abord de moyen de communication. Elles comprennent la tristesse, la joie, la surprise, la peur et la colère, et représentent, entre autres, les éléments clés qui permettent d'établir des relations sociales (Izard *et al.*, 1995). Permettant aux individus de communiquer avec leur environnement social, les émotions représentent une des bases du fonctionnement humain et ainsi, en un certain sens, un moteur du comportement humain. C'est pourquoi il s'avère particulièrement intéressant de les étudier. Le grand « construit émotionnel » serait-il acquis, inné ou un amalgame des deux grands types d'influences à la base de toute manifestation biologique? Depuis quelques décennies, plusieurs chercheurs ont tenté d'estimer l'ampleur des contributions génétiques et environnementales aux maladies

mentales, aux dispositions de base du tempérament et, plus spécifiquement, aux émotions et aux affects. Il semblerait ainsi y avoir une influence génétique plus prononcée quant aux affects négatifs que positifs (e.g., Baker *et al.*, 1992). Ceci peut être expliqué sur une base évolutive: il aurait été avantageux que les affects négatifs de base soient innés afin que les individus puissent fuir les dangers. Il aurait également été plus utile pour nos ancêtres d'avertir leurs apparentés d'un possible danger – même passé – que de retrouver rapidement leur sérénité (Holinger, 2000).

Annonce du sujet

Le présent mémoire s'inscrit dans les études sur le tempérament, l'inhibition comportementale, ainsi que la réactivité et s'inspire notamment des travaux de Jerome Kagan. Ces deux derniers profils comportementaux, caractérisés par l'évitement et la réactivité suite à des situations non familières, sont aujourd'hui considérés comme des types ou des dimensions du tempérament. L'inhibition comportementale se caractérise souvent, en bas âge, par l'agitation des membres supérieurs et inférieurs en situation inconnue, et par des comportements verbaux et non verbaux négatifs. Ces profils de tempérament sont habituellement observables dès la première année de vie (Leenfeldner *et al.* 2004).

Les différents concepts d'inhibition comportementale et de réactivité à la nouveauté ont été introduit par les travaux de Jerome Kagan, professeur de psychologie à l'Université Harvard. Kagan s'est d'abord intéressé à la stabilité des traits de personnalité au cours du développement, pour ensuite se concentrer pendant plus de trente ans sur des études critiques dans le domaine du tempérament. Il a proposé des concepts et des échelles de

mesure afin d'identifier deux grandes catégories ou profils tempéramentaux: l'inhibition et la non inhibition à la nouveauté. Avant d'aller plus avant dans la présentation de ce mémoire, il semble important de définir quelques concepts clés de ce construit. Suite à la présentation des concepts du tempérament, de l'inhibition comportementale et de la réactivité, nous décrirons brièvement en quoi consiste la méthodologie de notre projet. Nous terminerons cette introduction en présentant la pertinence ainsi que les objectifs et les hypothèses de notre recherche. Nous présenterons ensuite l'article qui constitue le cœur de ce mémoire. Nous conclurons en présentant nos réflexions sur le sujet.

Tempérament

Afin de pouvoir explorer ce qu'est l'inhibition comportementale et la réactivité, nous devons définir et élaborer un concept plus large, soit le tempérament. Bien que l'étiologie du tempérament engendre encore des débats, la plupart des chercheurs s'accordent pour dire que le tempérament doit être défini par la combinaison de profils psychologiques (comportements, émotions) et de leurs fondements biologiques, génétiquement déterminés. Les opinions divergent lorsqu'on se penche sur le nombre exact de profils formant le tempérament, les dimensions qui y sont associées, la contribution accordée aux facteurs génétiques, et si ces traits psychologiques s'inscrivent sur un continuum ou doivent plutôt être considérés comme des catégories (Kagan, 2003; Kagan, Reznick & Gibbons, 1989).

Les traits du tempérament, dont l'émotivité, l'activité et la sociabilité, démontrent une influence génétique significative dans l'enfance – lorsque cette dernière est plus nette – et offrent une grande ressemblance avec les caractéristiques de la théorie de l'inhibition

à la nouveauté (Plomin, 1987). Même s'ils sont considérés comme étant de bons indices, les profils du tempérament, qui apparaissent très tôt dans le développement humain, ne sont pas des entités réelles. Ils sont sujets au changement, bien qu'ils présentent une certaine stabilité, et ne servent que de guide afin de mieux comprendre le développement humain (Bates, 1987).

Durant la petite enfance, le tempérament est vu comme le fruit de différences individuelles dans l'expression des émotions primaires (Goldsmith *et al.*, 1987; Goldsmith & Campos, 1990). Une méthode privilégiée pour étudier le tempérament chez les jeunes enfants et les nourrissons consiste à observer l'inhibition et la réactivité comportementale à la suite de stimuli inhabituels, et d'en estimer les paramètres (Goldsmith *et al.*, 1987).

Inhibition et réactivité comportementale

Tel que décrit ci-haut, l'inhibition comportementale est partiellement définie par le degré de réactivité comportementale (agitation, détresse, etc.) envers des situations, des individus ou des objets non familiers ainsi que par la réactivité du système nerveux sympathique (Kagan & Snidman, 1991a, Kagan & Snidman, 1991b; Kagan, 1989). Suite à un stimulus environnemental, l'enfant émettra une réaction initiale qui sera classée dans l'un de deux types comportementaux : inhibition et non inhibition (Kagan, Reznick & Snidman, 1985).

Ces types comportementaux ont attiré l'attention de la communauté scientifique pour plusieurs raisons. Les phénotypes et comportements manifestés sont observables,

facilement quantifiables, présents très tôt dans le développement humain, ont des implications importantes dans les comportements sociaux ainsi que dans l'adaptation des individus. Finalement, ils nous différencient des autres espèces tout en présentant une variabilité interindividuelle chez l'Homme (Kagan, 2003).

Les enfants inhibés et non inhibés se différencient dans leurs réponses affectives ainsi que dans leurs réponses comportementales. Les enfants inhibés paraissent timides et réservés en présence de gens ou objets inconnus ainsi que dans des endroits non familiers. Ils réagissent initialement avec évitement (Kagan, Snidman & Arcus, 1993). Ce style réactionnel peut être attribué à l'imprévisibilité de gens inconnus et de leurs comportements ainsi qu'aux risques inhérents à des situations non familières (Kagan, Snidman, & Arcus, 1998). De ce fait, ces enfants sont vraisemblablement moins enclins à émettre des émotions positives observables (par expressions faciales ou vocales). Ils réagissent plutôt par des tensions corporelles en plus d'agiter leurs membres supérieurs et inférieurs (activité motrice intense) (e.g., Kagan, 1999; Kagan and Snidman, 1991b; Kagan, 1989). Les enfants non inhibés se différencient des précédents en étant généralement sociables, spontanés émotionnellement, ainsi que moins stressés et effrayés lorsqu'ils sont exposés à des stimuli non familiers (situation, objet ou personne) (e.g., Kagan, Reznick, & Snidman, 1988).

Même si certains indices sont présents dans les premiers mois de la vie, les profils du tempérament inhibé et non inhibé sont habituellement confirmés plus tard dans l'enfance, du moins après le premier anniversaire (Kagan, 1999). Cependant, à quatre mois, la plupart des enfants inhibés sont très réactifs face aux stimuli nouveaux. Ils sont

extrêmement irritables (pleurs, expressions faciales négatives (grimaces)) et font preuve d'un niveau d'agitation élevé. D'autre part, les enfants non inhibés sont moins réactifs, donc moins irritables. Rothbart et ses collègues ont introduit la réactivité comportementale comme l'une des deux composantes principales du tempérament. Ils ont postulé que la réactivité consiste en réactions physiologiques ou comportementales à un stimulus sensoriel. L'intensité ainsi que la latence des réponses présentées sont évaluées afin de mesurer la réactivité d'un enfant (Fox *et al.*, 2005).

Nous pouvons émettre l'hypothèse que les enfants hautement agités et irritables deviendront des enfants inhibés sujets au développement d'une variété de symptômes anxieux, tandis que les enfants au profil comportemental complémentaire deviendront des enfants non inhibés (Kagan & Snidman, 1991a; Kagan, 2003; Kagan, Snidman & Arcus, 1993). Ces deux profils de tempérament semblent être modérément stables à travers le temps et sous un contrôle génétique partiel (Kagan & Snidman, 1991b). Les travaux menés par Kagan et son équipe ont démontré qu'approximativement 15 à 20 % des enfants étaient inhibés ou non inhibés de façon constante lorsque observés à 21 et 31 mois (Kagan, Reznick & Gibbons, 1989; Kagan, Snidman & Arcus, 1993). Selon une étude récente, approximativement 20 % des jeunes enfants sont agités et éprouvent de la détresse. Ces enfants hautement réactifs sont subséquemment plus enclins que d'autres à devenir inhibés, à sourire significativement moins, lorsque évalués en laboratoire à 14 et 21 mois (Kagan, Snidman, & Arcus, 1998). Ce sont ces mêmes enfants qui sont habituellement timides et réservés durant l'enfance (Kagan, 1999; Kagan & Snidman, 1991b). De même, Kagan et ses collègues (Kagan & Snidman 1991b; Kagan, 1989) sont d'avis que les enfants non inhibés représenteraient de 25 à 30 % de la population

caucasienne. Ceux-ci seraient plus susceptibles de devenir des individus sociables et spontanés affectivement à l'âge de 10 ans. Les réactions émises à la petite enfance semble donc agir comme des agents prédictifs des deux profils réactionnels plus larges (Kagan & Snidman, 1991b). La probabilité de devenir un enfant inhibé est approximativement sept fois plus élevée chez les enfants démontrant un profil réactif au début de l'enfance (Arcus, 2001). Cependant, un léger pourcentage de ces enfants peut adopter un profil timide dans les années suivantes, probablement à la suite d'expériences stressantes de la vie.

Il est donc plus juste de dire que la réactivité offre de bons indices afin de prédire l'inhibition comportementale, et non qu'elle détermine celle-ci. Certains enfants hautement réactifs à 4 mois, ne développent pas un profil inhibé dans les premières années de vie. Le profil de tempérament réactif ne fait qu'augmenter la probabilité de devenir plus tard inhibé à la non familiarité. Généralement, les sujets manifestant les pôles extrêmes tendent à conserver leur profil comportemental initial. Finalement, les enfants nés avec une prédisposition biologique, sinon un profil biologique qui favorise l'inhibition comportementale, peuvent évoluer vers un profil d'inhibition dépendamment de leur exposition, fréquente ou non, à des événements stressants et non familiers, à leur facilité à assimiler ces événements, à leur capacité à réguler leurs états émotionnels, et à leur décisions subconscientes de rechercher des environnements prédictibles (Kagan, 2003).

Gènes VS Environnement

L'étiologie de l'inhibition comportementale, ainsi que du tempérament et des autres construits émotionnels, ont été largement documentée, débattue et discutée. Quoique

certains chercheurs soient en faveur d'influences environnementales, d'autres préfèrent expliquer la nature des phénotypes tempéramentaux par des facteurs biologiques, voire génétiques. Les plus récentes conclusions en ce domaine pointent vers une prédisposition biologique qui peut être déclenchée par un environnement spécifique (e.g., Garcia Coll, Kagan & Reznick, 1984). Ceci expliquerait que la trajectoire développementale humaine ne soit pas absolue. Ce ne sont pas tous les enfants hautement réactifs qui deviennent inhibés. Les forces génétiques peuvent apparaître plus tard dans la vie, l'environnement peut jouer un rôle important sur la prédisposition biologique initiale, et les phénotypes peuvent être simplement le résultat d'une interaction entre l'environnement et les gènes. Il est important de noter que ces hypothèses ne sont pas mutuellement exclusives.

L'importance des gènes sur le comportement peut être démontrée par les variations présentes dans les maintes lignées de mammifères (p.ex.: canidés, primates) ou encore par les lignées de souris consanguines obtenues par accouplement entre frères et sœurs pendant plusieurs générations. Par exemple, le croisement de souris "Wild Type", type de souris que l'on retrouve habituellement dans la nature et qui se déplacent en ligne droite, pendant plusieurs générations va produire des lignées pures où on ne retrouve que des souris "Wild Type". Des souris "Waltzer", type de souris qui se déplacent généralement en décrivant des cercles, peuvent être engendrées de la même façon. Il est donc possible de créer des sous-groupes comportementaux par croisements reproductifs, et donc par manipulations génétiques. De la même façon, les différences interindividuelles retrouvées à l'intérieur de ces lignées consanguines offrent un indice de l'importance des facteurs environnementaux (Plomin *et al*, 1999).

La physiologie d'un individu ne détermine donc pas un certain phénotype ou un comportement de façon systématique, comme ces derniers ne sont pas façonnés uniquement par des interactions sociales (Kagan & Snidman, 1991b). Kagan, Snidman & Arcus (1993) ont proposé que les enfants nés avec un profil physiologique particulier, un seuil d'excitation spécifique, peuvent être davantage enclins à adopter un certain comportement dépendamment de l'environnement qu'ils rencontrent. Plus spécifiquement, la physiologie affecte la probabilité qu'un comportement apparaisse en fonction de l'environnement où se trouve l'individu. L'interaction de l'environnement social et du profil biologique de chaque individu produirait, à travers le temps, une constellation de comportements et d'humeurs propres à chaque individu. À cet égard, une analogie intéressante a été présentée par Kagan (empruntée de W.V. Quine qui l'employa pour des raisons différentes): chaque profil psychologique peut être envisagé comme un tissu gris pâle, les fils noirs représentant la biologie et les fils blancs symbolisant l'expérience, ou l'environnement. Ces fils sont tissés de façon tellement serrée qu'il est parfois difficile de distinguer l'influence propre à chacun (Kagan & Snidman, 1991b). Les effets génétiques et environnementaux sont donc tellement reliés qu'il s'avère parfois difficile de les différencier. Par exemple, les gènes d'un enfant peuvent affecter les comportements parentaux et donc affecter indirectement l'environnement auquel est exposé l'enfant (Plomin, 1987).

Les systèmes physiologiques associés à l'inhibition comportementale ont eux aussi été longuement étudiés. Les variations d'excitabilité des circuits du système limbique ont été observées comme ayant une forte influence sur le profil du tempérament des enfants.

Par ailleurs, l'augmentation de l'activité de l'amygdale, une structure cérébrale impliquée dans la génération de la peur, a été reliée à une forte activité du système de réactivité. De plus, les enfants inhibés ont un rythme cardiaque habituellement plus élevé, ils sécrètent plus d'hormones corticosurrénales reliées au stress (p.ex.: le cortisol) et semblent avoir une activation asymétrique du cerveau à l'électroencéphalogramme (Fox *et al*, 2005). Les enfants inhibés et non inhibés se différencient également de par leurs traits physiques et physiologiques. Ces constats viennent renforcer l'importance des influences biologiques (constitution génétique) et autres systèmes biologiques (p.ex.: les enfants hautement réactifs ont des visages plus étroits; les inhibés sont plus susceptibles d'avoir des allergies et des yeux bleus) sur les différents construits du tempérament (Arcus, 2001).

En ce qui a trait aux influences environnementales reliées à l'inhibition comportementale, plusieurs facteurs ont été proposés : la sensibilité maternelle, les comportements parentaux, l'environnement prénatal et les facteurs reliés aux naissances multiples, pour n'en nommer que quelques-uns (p.ex.: Fox *et al*, 2005). Évidemment, tous les facteurs environnementaux, spécifiquement ceux qui semblent participer aux comportements anxieux, peuvent potentiellement donner naissance à des profils de tempérament différents ou peuvent même changer légèrement le parcours développemental d'un individu. Un enfant peut apprendre à réguler, d'une certaine façon, ses peurs ou ses comportements d'évitement s'il est placé dans un environnement favorable. Puisque n'importe quel enfant peut apprendre à craindre les situations non familières à travers l'expérience et le conditionnement, particulièrement après l'émergence de la notion du soi ("emergence of self") durant la seconde année de vie

(Kagan & Saudino, 2001), observer les enfants tôt, à un âge où les influences sociales sont quasi-absentes, semble être particulièrement informatif (Arcus, 2001; Kagan, Snidman & Arcus, 1993). De la même façon, un enfant “classé” comme inhibé peut, avec l’expérience, apprendre à maîtriser ses peurs, sa timidité, et à être moins évitant envers des situations, objets ou situations non familières, tout en gardant une certaine crainte envers des objets dangereux ou envers l’inconnu. Par conséquent, un enfant peut faire preuve d’évitement dans certains contextes, et non seulement avec ce qui est non familier ; un phénotype peut donc changer à travers le développement dépendamment de la situation et de la pression environnementale (Kagan, Snidman & Arcus, 1998)

Méthodologie

Soumis à un stimulus intrusif et inconnu, soit une procédure expérimentale d’extraction salivaire, la réactivité des jumeaux MZ (monozygotes) et DZ (dizygotes) a été observée et mesurée grâce à des outils développés par notre équipe. Ce projet a été réalisé dans le cadre de l’Étude des jumeaux nouveau-nés du Québec (Pérusse, 1995 ; Forget-Dubois & Pérusse, 1997), une étude longitudinale regroupant un échantillon représentatif de jumeaux MZ et DZ habitant dans la grande région de Montréal. Cet échantillon a été mis en place grâce au registre gouvernemental des naissances du Québec.

Les parents de jumeaux nés entre le 1^{er} avril 1995 et le 31 décembre 1998 ont été rejoints par téléphone ou par la poste afin de participer à l’étude. Dès le 1^{er} juin 1996, les jumeaux participants ont été rencontrés à divers âges en laboratoire, à l’école, et à domicile. Plus spécifiquement, les jumeaux ont été vus dans le cadre de l’ÉJNQ à 5, 18,

30, 48, 60, 72, 84 et 100 mois. Une compensation monétaire modeste était remise à chaque famille participante à chaque visite.

Trois cent vingt-deux paires de jumeaux ont été rencontrées à 5 mois dans le cadre du présent projet, pendant lequel une série d'épreuves cognitives et expérimentales ont été administrées, dont celle utilisée pour ce mémoire. Habituellement, l'inhibition comportementale et la réactivité sont mesurées dans des contextes de laboratoire grâce à l'utilisation de divers stimuli non familiers tels des robots, des mobiles et des clowns (e.g., Kagan, Reznick & Gibbons, 1989). Pour le présent projet, nous nous sommes intéressées à une procédure expérimentale administrée à 5 mois aux laboratoires du Centre de recherche Fernand-Seguin de l'hôpital Louis-Hyppolite-Lafontaine. Il s'agit d'une procédure d'extraction salivaire fait à l'aide d'un appareil de succion, et administrée aux nourrissons dès leur arrivée à l'hôpital (entre 8:00 et 9:00 heures le matin). Chaque enfant, assigné à une assistante de recherche pour toute la durée de la visite, était placé dans un siège de bébé de sorte qu'il n'y ait aucun contact visuel avec son co-jumeau et le moins de contact possible avec tout membre de sa famille. Un appareil d'extraction salivaire était ensuite actionné et le tube de succion était introduit dans la bouche de l'enfant afin de prélever sa salive. Cette situation a été choisie puisqu'elle mettait les sujets dans une situation carrément non familière, et suscitait de la variabilité comportementale chez les participants.

Les diverses réactions émises suite au stimulus ont été enregistrées sur bandes vidéos et ultérieurement codifiées à l'aide d'une grille d'observation de la réactivité comportementale, établie suite à une recension des écrits, ainsi qu'avec l'influence des

divers concepts de réactivité et d'inhibition comportementale mis au point par les chercheurs du domaine.

Cadre d'analyse : devis de jumeaux

Le devis de jumeaux s'avère extrêmement informatif et représente un cadre d'analyse non invasif permettant de comparer les ressemblances phénotypiques et d'estimer ou de départager la valeur des facteurs génétiques et environnementaux. Il s'agit d'un devis empirique nous permettant de s'adresser à la question Nature/Culture. Il repose sur l'étude de jumeaux MZ qui partagent 100 % de leurs gènes et de jumeaux DZ qui partagent en moyenne 50 % de leur bagage génétique. Quoique cette méthode, tout comme le devis d'adoption, ne soit pas aussi directe et convaincante que les expériences de sélection ou de lignées consanguines faites chez l'animal, elle porte sur l'occurrence naturelle de variations génétiques et environnementales. Cette méthode, ainsi que les théories qui la sous-tendent, fonde *la génétique quantitative* (Plomin *et al*, 1999).

Les MZ ou jumeaux identiques portent ce nom du fait qu'ils sont de véritables clones au plan génétique, tandis que les DZ ou jumeaux non identiques ne sont pas plus proches génétiquement que tout frère ou sœur.

Il existe des explications biologiques à ces naissances multiples. Normalement, à chaque mois, une femme libère un ovule prêt à être fécondé. Dans le cas de jumeaux dizygotes, deux ovules, au lieu d'un seul, sont produits, ce que l'on appelle polyovulation, et fécondés par deux spermatozoïdes. La situation est différente pour les jumeaux

monozygotes, où un seul ovule, fécondé par un seul spermatozoïde, se divise en deux lors de la division cellulaire, donnant naissance à deux fœtus.

Le devis de jumeaux nous permet donc d'identifier les différentes influences agissant sur la variation d'un trait. Si un phénotype est soumis à une influence génétique, les jumeaux MZ se ressembleront davantage au plan phénotypique que les jumeaux DZ; si les corrélations MZ/DZ ne diffèrent pas, l'influence génétique sera minime voire inexistante et les influences environnementales seront entièrement responsables de la variation phénotypique (Plomin, 1987). Il est par contre possible que les jumeaux identiques partagent un environnement plus similaire que les jumeaux fraternels, quoiqu'il soit extrêmement difficile de savoir à quoi attribuer cette similitude. Sont-ils plus similaires à cause de facteurs génétiques, soit parce qu'ils partagent 100 % de leurs gènes, ou parce que leur environnement augmente largement ces similitudes (Plomin, 1987)? Il est bien connu que les parents de jumeaux MZ tendent à augmenter la ressemblance entre leurs enfants en les habillant de vêtements similaires de même couleur et en les plaçant dans des environnements plus semblables (p.ex.: même classe scolaire). Quantifier le poids des divers types d'influences est un défi. Les devis de jumeaux reposent sur une prémisse qu'on appelle *la prémisse des environnements égaux*. Cette hypothèse suppose que les environnements des deux différents types de jumeaux, élevés dans un même environnement, généralement d'une même famille, sont également semblables. Les analyses résultant du devis de jumeaux reposent sur cette prémisse. Plusieurs études ont montré que la prémisse des environnements égaux semblait être une conjecture raisonnable (Plomin *et al*, 1999).

La méthode va plus loin et divise l'influence phénotypique en quatre catégories. D'abord, on distingue deux sous-types d'influence génétique : les effets génétiques additifs (A) et non additifs (D). Les facteurs environnementaux se divisent également en deux types : ceux qui ont des effets communs aux deux membres d'une paire de jumeaux (C), et ceux dont l'influence est unique à chaque jumeau (E). Ainsi, l'environnement unique comprend les facteurs propres à chaque individu, tandis que l'environnement commun réunit des facteurs que les jumeaux partagent, par exemple la famille. Les influences génétiques s'avèrent plus compliquées à interpréter. Le concept d'héritabilité est fréquemment mal compris. L'héritabilité n'est pas une mesure de la contribution relative des gènes d'un individu à un phénotype. Elle correspond plutôt à la proportion de la variance phénotypique attribuable à la variance génétique au sein d'une population. Il est très important de faire la distinction entre ce concept et celui d'hérédité. Comme détaillé ci haut, l'héritabilité consiste en un construit mesurant la proportion de la variation phénotypique attribuable à la variance génétique, tandis que l'hérédité réfère à la transmission de la base génétique de phénotypes de génération en génération. Une valeur d'héritabilité est donc une valeur statistique variant de 0 à 1 (plus grande est la valeur, plus grande la proportion de variance phénotypique attribuable à la variance génétique) dans une population et dans un contexte particulier. Ces différents paramètres peuvent être estimés grâce aux méthodes de la génétique quantitative. Leur nature et rôle seront discutés plus en profondeur dans l'article de ce mémoire.

Pertinence, objectifs et hypothèses de recherche

Qu'arrive-t-il à ces enfants hautement réactifs ou inhibés? Il est raisonnable d'émettre l'hypothèse que les enfants inhibés ou réactifs sont davantage à risque de troubles

anxieux – phobie sociale et autres problèmes intériorisés – plus tard à l'enfance, à l'adolescence et à l'âge adulte (Kagan, 1997 ; Bishop, Spence & McDonald, 2003 ; Fox *et al*, 2005). La compréhension de l'étiologie de l'inhibition comportementale en bas âge peut donc nous éclairer sur le développement psychopathologique ultérieur.

Dans ce projet, nous nous proposons d'estimer la valeur respective des facteurs génétiques et environnementaux agissant sur le développement émotionnel chez le nourrisson. Plus spécifiquement, grâce au devis de jumeaux et des méthodes de la génétique quantitative, nous chercherons à comparer des jumeaux monozygotes et des jumeaux dizygotes quant à un phénotype particulier, une manifestation biologique observable, soit la réactivité comportementale. Nous pourrions ainsi réaliser une estimation de l'apport des composantes génétiques et environnementales à la variation interindividuelle du phénotype comportemental à l'étude. Par ce projet nous espérons, tout en ayant une meilleure connaissance de l'étiologie du comportement étudié, expliquer la variation phénotypique du développement émotionnel chez l'humain, dans le cadre de la problématique Nature/Culture.

Nous émettons deux hypothèses de recherche :

- 1- *La situation de prélèvement salivaire est potentiellement stressante pour les enfants de 5 mois. Nous supposons qu'elle permet une variabilité interindividuelle de réaction au stress suffisante pour pouvoir quantifier les phénotypes comportementaux qu'elle engendre.*
- 2- *Nous supposons que les facteurs génétiques et environnementaux affectent simultanément le développement émotionnel.*

Ce projet est innovateur sous plusieurs aspects. Très peu d'études ont été menées auprès de sujets si jeunes. Il apparaît particulièrement important d'effectuer des études approfondies sur le développement émotionnel durant la petite enfance puisque celui-ci se situe à la base du développement humain. Nous disposons également d'un échantillon de jumeaux MZ et DZ de grande taille, ce qui nous permettra d'émettre des conclusions plus justes et applicables à la population en général. Peu d'études peuvent avancer des conclusions fermes suite à une seule analyse. Un autre facteur qui différencie notre projet est la nature du stimulus utilisé afin de mesurer la réactivité à la nouveauté, car il diffère de ceux traditionnellement proposés par Kagan. Nous estimons qu'une exposition, à 5 mois, à un appareil bruyant de prélèvement salivaire, comporte davantage de «nouveauté» que la présentation de mobiles ou de jouets d'enfant. En outre, tous les sujets ont été inclus dans les analyses, non seulement les participants démontrant des valeurs extrêmes de réactivité – ce qui permet d'analyser l'ensemble de la variation phénotypique. Finalement, notre projet s'avère innovateur par le simple fait que la plupart des études existantes sur le sujet sont le résultat de codifications de témoignages des parents plutôt que le résultat d'observations directes réalisées par des observateurs indépendants.

CHAPITRE 2

L'ARTICLE DU MÉMOIRE

Genetic and Environmental Influences on Infant Reactivity to Novelty: A Twin Study

Abstract

Objective To estimate the genetic-environmental etiology of behavioral reactivity in the context of the Nature/Nurture debate

Methods Behavioral reactivity of 548 five-month-old monozygotic (MZ) and dizygotic (DZ) twins was measured through observations of subjects exposed to a novel and intrusive stimulus (salivary extraction), and data were collected using a reactivity scale developed for this procedure within the Quebec Newborn Twin study. Models obtained from our quantitative genetic analyses indicate the proportion of additive genetic influence (A), common environment to both twins (C), and unique environment for each twin (E) for each phenotype.

Results From our quantitative genetic analyses, three phenotypes were retained: Facial Expression; Vocalization; and Body Movement. Only Facial Expression showed a moderate genetic effect (best fitting model = AE where $a^2=0.3635$). Vocalization showed a significant shared environment influence (best fitting model = CE where $c^2=0.2632$), while Bodily Movement showed only non-shared environment influence (best fitting model = E where $e^2=1$).

Conclusion Behavioral reactivity at 5 months, as measured in this context, does not seem to be under important genetic influence.

Key words Quantitative genetics; human behavior genetics; biological anthropology; Nature/Nurture debate; twin design; behavioral inhibition; reactivity; temperament

Introduction

Behavioral inhibition is a temperament dimension generally observable in the first few months of life, where the primary measure lies in behavioral reactivity (e.g., Kagan, 1997; Kagan, Snidman & Arcus, 1998). The construct of inhibition to the unfamiliar is important as it has been associated with later problems and found to be an early predictor of internalized and externalized behavior problems, such as anxiety disorders and conduct disorders (Kagan, 1997; Bishop, Spence & McDonald, 2003; Fox *et al.*, 2005). While some studies have focused on the physiological responses related to inhibition to the unfamiliar (e.g., heart rate, stress hormone (cortisol levels), amygdala activation) (e.g., Kagan, 1997; Fox *et al.*, 2005), others have focused more intensively on bodily movements of inferior and superior limbs, vocalizations, and facial expressions (e.g., Kagan, 1988; Kagan 1989; Kagan & Snidman, 1991a; Kagan, 1997; Kagan, 1999; Kagan, Snidman & Arcus, 1998; Leen-Feldner *et al.*, 2004). These latter variables have been widely shown to be associated with behavioral inhibition and reactivity to novelty.

Following Jerome Kagan's ground breaking work, behavioral inhibition is often conceptualized as a dimension of temperament (e.g., Kagan, 1989; Kagan, Snidman & Arcus, 1993 & 1998; Kagan & Saudino, 2001; Fox *et al.*, 2005). In the majority of studies, temperament is posited as a group of innate traits believed to be under considerable genetic influence (e.g., Garcia Coll, Kagan & Reznick, 1984; Plomin, 1987; Kagan, 1988; Kagan, 1989; Kagan & Snidman, 1991b; Kagan, Snidman & Arcus, 1993; Kagan & Saudino, 2001; Fox *et al.*, 2005). Surprisingly, very few studies have

tested this empirically using a genetically informative design and an appropriate sample size (Goldsmith & Gottesman, 1981; Matheny, 1983; Wilson, 1983; Plomin & DeFries, 1985; Goldsmith & Campos, 1986; Matheny, 1989; Emde *et al.*, 1992; Robinson *et al.*, 1992; Dilalla, Kagan & Reznick, 1994). In the present study, we used a behavioral paradigm in a large sample of twins in order to empirically test the genetic-environmental etiology of the predictive temperamental construct of behavioral inhibition.

Method

Overview

The present research was undertaken within the Quebec Newborn Twin Study (QNTS: Pérusse, 1995; Forget-Dubois & Pérusse, 1997), a longitudinal study that regroups a representative sample of monozygotic (MZ) and dizygotic (DZ) twins, in the greater Montreal area (Quebec, Canada). This project utilized the Quebec Newborn Twin Registry, which was established from all twin births occurring in Quebec between April 1, 1995 and December 31, 1998, using the birth records of the Quebec Bureau of Statistics.

Starting June 1 1996, all parents living in the Greater Montreal area, Laurentians, Eastern Townships, and Lanaudière regions who gave birth to twins were solicited by mail and/or telephone to participate in the QNTS. Twins who suffered from a developmental insult, or any complications known to interfere with intellectual, or

physical development were excluded. Sixty percent of the families contacted agreed to participate.

Data from the study were collected at 5, 18, and 30 months (Hôpital Louis-Hippolyte-Lafontaine). Thereafter, visits were conducted yearly at the subject's domicile (48 months), Hôpital Sainte-Justine (60 months), or the subject's school (72 and 84 months). The participants returned to Hôpital Sainte-Justine for the latest wave of data collection at 100 months. A modest monetary compensation was offered at each visit.

Sample

In the context of the QNTS, 322 5-month-old twin pairs (corrected for gestational age, between 59 and 61 weeks from conception), and their parents participated in various activities taking place in the laboratory settings.

The ethnic distribution of the 322 twin pairs was as follows: 89.1% Caucasian; 2.6% Black; 2.7% Asian; and 5.4% "other". For a number of reasons (e.g., observational data not available, absence of zygosity ascertainment, subject used in interrater training, missing data) a number of families were excluded from the sample. Five hundred and forty-eight subjects were retained for the present study and the sample was comprised of 273 twin pairs: 53 monozygotic male pairs (MZM); 58 monozygotic female pairs (MZF); 47 same-sex dizygotic male pairs (DZM); 45 same-sex dizygotic female pairs (DZF); 69 unlike-sex dizygotic pairs (DZU); and 4 singletons (twins with no co-twin). Zygosity was ascertained through aggregation of independent tester ratings based on the assessment of physical similarity of twins using the short version of the Zygosity

Questionnaire for Young Twins, as well as DNA genotyping (Forget-Dubois et al., 2003).

Experimental procedure

During their visit to Centre Fernand-Seguin (Hôpital Louis-Hippolyte-Lafontaine), the infants participated in several tests and experimental tasks. Numerous psychophysiological, hormonal and observational measures were taken, as well as measures focusing on temperament, cognitive, physiological and behavioral precursors of internalized and externalized behavior problems. The most pertinent task for the present project was the salivary extraction procedure, which yielded a standardized situation, in which subjects were exposed to a novel stimulus, both social and physical. Salivary extraction appeared to be an unfamiliar and somewhat stressful situation for the infants, and yielded the most variability in subjects' motor, vocal and facial reactivity. This procedure consisted of extracting saliva using a suction pump and tube, similar to that used by dentists. Upon arrival at the hospital, between 8:00 am and 9:00 am, each infant was positioned in a baby seat in such a way to prevent contact with his/her twin as well as with his/her parent(s). For the duration of the visit, each child was assigned to a specific research assistant who was responsible for accompanying the child and conducting the various tasks throughout the 4-hour visit. After positioning the child in his/her seat, the research assistant turned on a suction machine, and a tube was placed in the mouth of the child in order to collect a sample of saliva for further cortisol extraction. The duration of the procedure varied among children with a mean of approximately 4 minutes and 15 seconds (after analysis, the duration of the task had no significant influence on observed behaviors). Interviews and laboratory procedures were

conducted in English or French depending on the language of the subjects. All procedures were videotaped from three different angles, which allowed for the later coding of observational data. A drawing of the Family Room where the salivary extraction was conducted is presented in Figure 2.

Outcome variables

Previous studies have used diverse methods, such as mobiles hanging above the infant's crib, clowns and robots presented to toddlers (e.g., Kagan, Reznick & Gibbons, 1989), in order to measure behavioral inhibition to the unfamiliar and reactivity to novelty. In the present study, salivary extraction was used as the novel stimulus, and reactions to this stimulus were observed and coded. It is believed that the unfamiliar noisy suction apparatus yielded a stimulus whose degree of novelty might, in fact, be greater and as such generate more reactivity than mobiles and toys. Observational data were used to avoid potential biases inherent to parental reports, especially in twin design.

Several temperament dimensions, as well as other behaviors displayed during the salivary extraction, were coded using an Observational Behavioral Reactivity scale based on previous studies (e.g., Rothbart, 1981; Weinberg & Tronick, 1994), as well as behavioral inhibition and reactivity constructs. The scale was created to avoid any non-mutually exclusive categories. It was then integrated into a specialized behavior-coding software, Observer 4.1. Coders were trained to operate this program by a professional instructor, and interrater reliability was computed until the two coders obtained a general agreement of at least 75% for each temperamental dimension. Interrater reliabilities were calculated based on independent coding of 37 videotapes.

Each variable was coded in real time; consequently, each infant was rated according to one state or baseline category for each of the temperament dimensions. The data were entered into a database that displays the percentage of time each child manifested or engaged in a specific behavior and then analysed using SPSS 11.0.

Facial Expression, Vocalization, and Bodily Movement were divided, as per previous studies, into different baseline categories. Facial Expression and Bodily Movement each comprised three categories. Facial Expression was divided into neutral, positive and negative. Bodily Movement was separated into immobile, moving and agitated. Vocalization was divided into five categories: no vocalization; neutral vocalization; negative vocalization; positive vocalization; and crying. These variables were subsequently modified (described further) in order to conduct our analyses. The three resulting behavioral phenotypes concord well with examples of expressive systems of temperament suggested by Goldsmith & Campos (1986), as well as with the expressive system associated with infant reactivity (e.g., Kagan & Snidman, 1991a; Kagan, 2003). A full description of the behavioral scale can be found in Table I with variables and categories retained for analyses in Table II. The full coding protocol is presented in Appendix 1.

Data reduction and analysis

Phenotypic analysis: Twin designs

Twin designs rely on the phenotypic comparison between identical and non-identical twins in order to explore the genetic and environmental contributions to phenotype. The

usefulness of twins in research derives from the fact that MZ twins share 100% of their genes, whereas DZ twins share on average 50% of their genetic material. The latter are thus no more genetically alike than any given brother or sister.

If genes affect a phenotype, identical twins will resemble each other more phenotypically than fraternal twins. However, if identical and fraternal correlations do not differ, there will be little or no genetic effect on the trait; in this case, environmental factors will be entirely responsible for the phenotype (Plomin, 1987). Genetic influence can be further divided into two distinct types: additive (A) and non-additive (D) genetic effects. We also distinguish two categories of environmental factors: those that are shared by family members (C), and those that are unique to each individual (E). These different components can be estimated with modeling methods.

Genetic analysis: Hierarchical Multilevel Modeling of Twin Data

Twins are clustered within pairs, forming a natural two-level hierarchy (level 1 for individual twins and level 2 for individual twin pairs). We (Pérusse *et al.*, 2002) and others (Guo & Wang, 2002; Visscher, Benjamin & White, 2004) have developed hierarchical multilevel modeling of twin data that simultaneously takes into account the variation at each level by estimating two residual variance terms, one for the within-twin pair variance (level 1) and one for the between-twin pair variance (level 2). A multilevel model has two parts: a fixed component, which represents the average relation for all individuals regardless of grouping, and a random component, which accounts for the variation at each level.

We first built a model that completely specified the means, between-pair and within-pair variances separately for MZ and DZ twins. Thus, the predicted means, variances and covariances of this model are equal to their observed values in both twin groups. This can be written as a random effect model with six parameters:

$$P_{ij} = \mu_{MZ}MZ_i + \mu_{DZ}DZ_i + \lambda_{MZ(B)}\eta_i^{MZ(B)}MZ_i + \lambda_{DZ(B)}\eta_i^{DZ(B)}DZ_i + \lambda_{MZ(W)}\eta_{ij}^{MZ(W)}MZ_i + \lambda_{DZ(W)}\eta_{ij}^{DZ(W)}DZ_i$$

where P_{ij} is the phenotype of individual j (level 1) in the i^{th} pair (level 2), and MZ_i and DZ_i are observed indicator variables denoting zygosity. Thus, μ_{MZ} is a fixed parameter that represents the mean phenotypic value across MZ twins while μ_{DZ} models the mean across DZ twins. The random (latent) variables $\eta_i^{MZ(B)}$ and $\eta_i^{DZ(B)}$ vary only between twin pairs with unit variance and represent the between-pair variation for MZ and DZ twins, respectively. In the same way, the random (latent) variables $\eta_{ij}^{MZ(W)}$ and $\eta_{ij}^{DZ(W)}$ vary between individuals with unit variance, and represent the within-pair variation for MZ and DZ twins, respectively. Finally, the parameters, $\lambda_{MZ(B)}$, $\lambda_{DZ(B)}$, $\lambda_{MZ(W)}$ and $\lambda_{DZ(W)}$ are factor loadings for $\eta_i^{MZ(B)}$, $\eta_i^{DZ(B)}$, $\eta_{ij}^{MZ(W)}$ and $\eta_{ij}^{DZ(W)}$, respectively. Table III shows the variance structure for this model.

Random effect models are commonly used in genetics, and allow for a full likelihood estimation of all parameters.

In a twin design, the random part of the model can be specified to reflect additive genetic (A), common environmental (C) and individual environmental (E) components of phenotypic variance. The specification for the ACE model can be written as:

$$P_{ij} = \mu + aA_i^{MZ(B)}MZ_i + aA_i^{DZ(B)}DZ_i + aA_{ij}^{DZ(W)}DZ_i + cC_i + eE_{ij}$$

where P_{ij} is the measured phenotype of the j^{th} individual in the i^{th} twin pair, μ is a constant representing the mean phenotypic value for both MZ and DZ twins. The random variables C_i and E_{ij} are pair-level and individual-level effects of common and individual environmental influences, respectively, for all twins. Both have unit variance. The observed variables MZ_i and DZ_i are indicator variables denoting zygosity of the i^{th} pair, and are thus indices of genetic similarity. Therefore, the random variables $A_i^{MZ(B)}$ and $A_i^{DZ(B)}$ represent the effects of genetic similarity on the phenotype and $A_{ij}^{DZ(W)}$ represents the effects of genetic dissimilarity on the phenotype in DZ twins. Since MZ twins are identical genetically, there are only common genetic effects in these twins. However, there are two genetic components contributing equally to phenotypic variance in DZ twins, one common and one unique, corresponding to the shared and unshared genetic effects, respectively. Thus, we have the following constraint on the genetic variances:

$$\text{Var}(A_i^{MZ(B)}) = 1$$

and

$$\text{Var}(A_i^{DZ(B)}) = \text{Var}(A_{ij}^{DZ(W)}) = \frac{1}{2}.$$

The resulting ACE model estimates four parameters (phenotypic mean, additive genetic variance, common environmental variance and unique environmental variance), and thus has two degrees of freedom. Table IV illustrates the variance structure for this model.

Specifications are similarly formulated for all sub-models. For example, the CE model (no genetic effect) is specified from the ACE model by removing all genetic components at both levels, thus leaving three parameters to estimate, and three degrees of freedom. An AE model (no effect of the family environment) can be similarly specified (Guo & Wang, 2002; Visscher, Benyamin & White, 2004).

Results

Descriptive analyses

Correlations between the reactivity variables revealed weak to strong associations between Vocalization and Bodily Movement ($r=-0.282$, $p=0.01$), Vocalization and Facial Expression ($r=0.825$, $p=0.01$), and Bodily Movement and Facial Expression ($r=-0.373$, $p=0.01$). Intercorrelations between variables are shown in Table V.

MZ-DZ Intraclass correlations

Intraclass correlations were computed for MZ and DZ pairs in order to estimate genetic influence for the entire group (Table VI). For the variable Facial Expression, the MZ correlation was 0.3631 ($p=0.0005$) and the DZ correlation was 0.1958 ($p=0.0599$). These results suggest that this variable shows a weak heritability. Doubling the correlation difference between MZ and DZ yields a rough estimate of broad sense heritability

(Falconer, 1981, c.i., Dilalla, Kagan & Reznick, 1994). Therefore, we can hypothesize that the result of the genetic analysis will either show ACE or AE as the best-fitting model. MZ and DZ correlations for Vocalization were very similar to each other, 0.2511 ($p=0.1509$) for MZs and 0.2587 ($p=0.1267$) for DZs, respectively. This implies that this variable is not under significant genetic influence, and that the variability is entirely due to environmental effects. Model CE or E will most likely offer the most satisfactory fit. Finally, for Bodily Movement, the MZ correlation was 0.02293 ($p=0.8443$) and the DZ correlation was 1.61E-13 ($p=$ missing), suggesting a lack of familial resemblance. This last variable thus seems to be under unique environmental influence, which includes measurement error.

Genetic Modeling

Genetic modeling was conducted using SAS 9.0. Variables were analyzed in various ways. Facial Expression was analyzed as a dichotomous variable, where reactive infants (displaying a facial expression other than neutral, $N=370$) were compared to infants who expressed no facial expression ($N=177$), and as a continuous variable, where only subjects presenting a facial expression other than neutral were retained in the analyses.

Two types of analysis were performed, as we were interested in the different genetic-environmental etiologies of infants who produced facial expressions, and those who remained neutral. Likewise, we wanted to estimate genetic-environmental influences responsible for the variability among reactive infants only. The variable Vocalization was analysed similarly; a dichotomous analysis ($N=201$ individuals presenting any vocalization, and $N=346$ individuals displaying no vocalization) and an analysis on a

continuous dimension were performed. Finally, the variable Bodily Movement was treated differently. In addition to a continuous analysis (N=415), we conducted a trichotomous analysis, which consisted in dividing this variable into three groups: infants who (1) were immobile for the duration of the extraction (N=53); (2) were agitated or moved the entire time during the extraction (N=80); and (3) were reactive, hence moved or were agitated for only part of the situation, but immobile for the remaining portions of the procedure (N=415). Results of model fitting for the continuous analyses are shown in Table VII.

Facial expression

For the continuous analysis of Facial Expression, model AE was selected as the best-fitting and most parsimonious model based on the AIC criterion (Akaike, 1987). Other models were rejected because the AIC was too high, and the fit was significantly worse compared to the saturated model. The significant estimate of heritability from this model was of 0.3635 ($p < 0.0001$, AIC=1575.2). The results from the dichotomous analysis were not so conclusive. While the DZ correlation was significant, the MZ correlation was not. Consequently, no models offered a simple and satisfactory fit for this variable when analysed dichotomously.

Vocalization

For the variable Vocalization, model fitting for both continuous and dichotomous analyses demonstrated that the CE model offered the best fit and greater parsimony. Observed overall vocalization falls short on genetic influence for the continuous analysis, but suggests a significant shared environmental influence ($c^2=0.2632$,

$p=0.0297$), as well as an important and significant non-shared environmental influence, which includes measurement error ($p<0.0001$). The influence of shared environment reaches 0.345 for the dichotomous analysis, but is not significant ($p=0.4152$).

Bodily Movement

As shown in Table VII, for the continuous analysis, model fitting for the variable Bodily Movement revealed that the E model offered the best fit. Therefore, the entire variability is due to non-shared environmental influence ($p<0.0001$). Model fitting for the second type of analysis was inconclusive. No correlation was found between the twins, again suggesting a total lack of familial aggregation.

Discussion

The objective of this research was to empirically test the genetic-environmental etiology of behavioral inhibition to the unfamiliar. This was assessed by the observation and independent coding of the reactivity to a novel stimulus in a large sample of 5-month-old MZ and DZ twins in a laboratory setting.

The strong association found between Vocalization and Facial Expression for the intercorrelation of variables was not surprising. A distressed infant will obviously show facial expressions that are not neutral. The negative association found between Bodily Movement, Facial Expression and Vocalization was, on the other hand, quite unexpected. In most studies, bodily movement is associated with negative facial expression and sometimes vocalizations (e.g., Kagan, 1988; Kagan, 1997; Leen-Feldner

et al., 2004; Fox *et al.*, 2005). When exposed to novelty, highly motoric and fretful infants are expected to develop an inhibited behavioral profile later in infancy, the opposite reaction being related to an uninhibited profile (Kagan & Snidman, 1991a). However, these last authors suggested an alternative hypothesis. Four distinct types of reactive infants might exist: (1) high motor activity – high cry; (2) low motor activity – low cry; (3) high motor activity – low cry; and (4) low motor activity – high cry. Infants located at either extreme might exhibit inhibition and non-inhibition later in infancy, respectively, or simply produce a slightly different type of reactivity. In other words, variation in motor activity and vocalisation might exist within each temperamental dimension, and such different profiles might result in different outcomes (Kagan, 1997). Of course, bodily movement can also be quite contradictory in the sense that each infant might react differently when in contact with a novel situation. More specifically, a distressed infant might react in two very distinct ways to a situation like the one observed in the present study. An infant aroused with anger or frustration to the unfamiliar situation can struggle vigorously. However, another angry and fearful infant might freeze to the unknown (Goldsmith & Campos, 1986). Yet, another explanation for the negative association with bodily movement might be due to measurement error, as will be discussed later. Our variable might not adequately measure bodily movement, and might be the simple result of “experimental noise”.

As for the genetic analyses, the variable Facial Expression suggested a weak genetic influence. If we accept this finding, MZ twins should resemble each other more than fraternal twins for this particular phenotype. This result agrees with the findings of most authors as discussed below, although the genetic influence responsible for the variability

of this phenotype seems to be less in this study. Genetic influences did not account for a significant portion of variance for Vocalization; however, there was a significant effect of the shared environment. Familial aggregation was significant, but monozygotic twins did not seem to be more similar than dizygotic twins. As for Bodily Movement, no genetic nor common environmental effects could be identified, leaving individual environmental influences as the only source of variance, including measurement error. The findings for the latter variable are contrary to what we had expected. Should this result be attributed to measurement error, to experimental noise, or does it reliably depict reality?

An overarching question in regards to our approach is whether the procedure used actually elicited the intended phenotypes, and if our reactivity scale did, in fact, measure the intended behaviors. Should these be the reasons for our findings being slightly different than those previously published? In the domain of infant temperament, few studies have employed large samples, and even though hints of genetic influence are found, studies rely on the testing of children at various ages with various phenotypes. Therefore, it is difficult to draw robust conclusions from previous studies.

In the MacArthur Longitudinal Twin Study (Emde *et al.*, 1992), 200 pairs of twins were assessed at 14 months in both laboratory and at home. Genetic influence was found to be associated with temperament: behavioral inhibition ($h^2=0.62$, $p<0.01$) and activity ($h^2=0.57$, $p<0.05$). However, the shared environment seemed to be influential for positive emotions (hedonic tone positive) ($c^2=0.33$, p not significant), but not for other measures of either temperament or emotion. A very weak genetic influence was found

for the affect scale ($h^2=0.21$, p not significant), which is somewhat consistent with our findings. Finally, this study yielded a very interesting finding, albeit from parental reports; while positive emotions showed shared environmental influences and no genetic effects in parent reports, negative emotions showed the opposite pattern. It would be interesting to investigate this further in a larger sample in future research.

A second study that provided genetic data in infancy is the Louisville Twin Study (Wilson, 1983; Matheny, 1983; Matheny, 1989; Matheny, 1990), which comprises approximately 500 pairs of twins assessed from 3 months to 15 years. No clear results have emerged for temperament, as this dimension was added later into the study and the analysis was based on a small sample for this particular phenotype (Emde *et al.*, 1992) and yielded different findings at different ages. Twin concordance at 3, 6, 9, 12, 18 and 24 months differed somewhat. Twin-pair correlations for factor scores used by the authors appeared to be slightly higher for identical twins than fraternal twins at 6 months (Matheny, 1983; Matheny, 1990), which suggest genetic effects on the behaviors assessed, closely resembling the ones found in the present study (e.g., activity, body motion, emotional tone, affect-extraversion). As for behavioral inhibition, direct observation, as well as parental reports of 130 twins at 12, 18, 24 and 30 months revealed, once again, that MZ twin correlations were slightly higher than DZ correlations. Once more, conclusions must be made cautiously due to small sample sizes.

The Colorado Adoption Project (Plomin & DeFries, 1985) provided information from a different genetically informative design. This project is a longitudinal study that

comprises adopted and non-adopted children. Although the findings are interesting, this study is based on the testing of older infants (1 to 4 years of age and up).

Other studies have yielded similar information. Robinson *et al.* (1992) found a significant moderate to high heritability for inhibition at 14 ($h^2=0.64$), 20 ($h^2=0.56$) and 24 ($h^2=0.51$) months of age. Although these authors based their results on a different approach with a classification different from ours, and dealt with older subjects, the importance of genetic influence persists. Dilalla, Kagan & Reznick (1994) continued the study mentioned previously and assessed behavioral inhibition at 24 months. A very high genetic influence was found ($h^2=0.82$) but, once again, we have to note that these results cannot be readily compared to ours because of different age of subjects, the small sample size and different measurement approach (the twins were observed in a play situation; even if the behaviors of each child was coded by a separate research assistant, no effort was made to isolate co-twins and the ratings might thus be biased). A moderate genetic influence was shown for activity at 8 months by Goldsmith & Gottesman (1981), although it is unclear if the ratings of the twin pairs were done independently. Finally, Goldsmith & Campos (1986) imply genetic influence on variation in traits closely related to behavioral inhibition. However, with approximately 100 subjects, the Denver Twin Temperament Study's findings cannot be conclusive.

In summary, the literature supports that behavioral inhibition and reactivity are influenced to a relative extent by genetic factors. While movement and facial expression seem to be under slight genetic influence, vocalization is usually found to be under environmental influence of both kinds, shared and non-shared. This is fairly concordant

with our results with the exception of bodily movement. Could the genetic influence on these phenotypes have been over estimated in previous studies? Here, we must consider the equal environment assumption of the twin studies. MZs and DZs might not share the same environments to the same extent. MZ twins might be treated more similarly by parents and peers compared to DZ twins. If the environment is to some extent more similar in identical twins, this can be misinterpreted as genetic influence, hence yielding inflated heritability. Perhaps genetic influences on temperament are less powerful than has been previously thought. Finally, small sample sizes in previous studies restrain the possibility of yielding robust results representative of the general population. More empirically informative studies with large samples of MZ and DZ twins in infancy are needed in order to draw more definitive conclusions.

Limitations

Several limitations of our study should be considered. A first limitation would be the nature of the stimulus used. Previous work in this area has replicated Kagan's models or developed a stimulus derived from it. We chose to use a different stimulus never before used that was certainly novel to these infants without being overly invasive, which is not the case for some studies (e.g., the robots of Jerome Kagan).

Behavioral reactivity was measured in a single context. Our conclusions might have been different had we considered additional situations. Kagan & Saudino (2001) recommend the use of different types of measures in order to represent a full picture of child temperament. Although they were referring to maternal reports and observational

data, the suggestion can be applied to the number of laboratory situations or contexts observed. There is also the possibility of subgroups. Some infants might react differently to some stimulus (Fox *et al.*, 2005). If this is accurate, different clusters of infants might exist. This hypothesis would warrant observation of infants in diverse situations in order to quantify a behavior more adequately. However, our single situation did provide inter-individual differences in the responses, and according to Garcia Coll, Kagan & Reznick (1984), this temperament dimension should be reliable across situations.

Finally, since the salivary extractions were done simultaneously for both twins of each pair, we have to consider that imitation might have developed between the two twins of a pair. In this case, a distressed child might have influenced its co-twin into a similar behavior. However, MZ and DZ twins did not differ statistically from one another for the variable vocalization, the only measure possibly affected by imitation since the twins did not see each other and, therefore, could not possibly have copied each other's facial expressions or bodily movements. Since no differences were found, we can only assume that if this scenario had taken place, it was manifested equally in MZ and DZ twins and did not affect our results

The various strengths of our approach should not go unnoticed. Unlike many twin studies of temperament, we based our results exclusively on independent observations and ratings of twins in standardized laboratory settings for which interrater agreement was established. In addition, our results are probably generalizable, since a large sample was used. Our results are expected to be more robust due, in part, to our larger sample size.

Conclusion

It would be mistaken to say that behavioral inhibition at 5 months, at least as measured here, is innate to any large extent. On the contrary, we found only weak heritability for Facial Expression and significant familial influence for Vocalisation. The third variable, Bodily Movement showed neither of the latter, but displayed non-shared environment influence. Even if genetic influence may fluctuate at different ages, environmental influences should only weaken the importance of genetic factors later in infancy (Robinson *et al.*, 1992). In this case, emotional reactivity seems to be more influenced by environmental factors than had been expected. Future research should focus more on large samples of MZ and DZ twins observed across several stressful novel situations, and consider measured environmental factors in the modeling process.

Bibliography

Akaike, H. (1987). Factor analysis and AIC. *Psychometrika*, 52, 317-332.

Bishop, G., Spence, S.H., & McDonald, C. (2003). Can Parents and Teachers Provide a Reliable and Valid Report of Behavioral Inhibition? *Child Development*, 74(6), 1899-1917.

DiLalla, L.F., Kagan, J., & Reznick, J.S. (1994). Genetic Etiology of Behavioral Inhibition Among 2-Year-Old Children. *Infant Behavior and Development*, 17, 405-412.

Emde, R.N., Plomin, R., Robinson, J., Corley, R., DeFries, J., Fulker, D.W., Reznick, J.S., Campos, J., Kagan, J., & Zahn-Waxler, C. (1992). Temperament, Emotion, and Cognition at Fourteen Months: The MacArthur Longitudinal Twin Study. *Child Development*, 63, 1437-1455.

Forget-Dubois, N., & Pérusse, D. (1997). L'Étude des jumeaux nouveau-nés du Québec : étiologie génétique et environnementale des troubles tempéramentaux et cognitifs dès la première année de vie. *The Canadian J. of Research in Early Childhood Education*, 6, 267-269.

Forget-Dubois, N., Pérusse, D., Turecki, G., Girard, A., Billette, J-M., Rouleau, G., Boivin, M., Malo, J., & Tremblay, R. (2003). Diagnosing Zygosity in Infant Twins: Physical Similarity, Genotyping, and Chorionicity. *Twin Research*, 6(6), 479-485.

Fox, N.A., Henderson, H.A., Marshall, P.J., Nichols, K.E., & Ghera, M.M. (2005). Behavioral Inhibition: Linking Biology and Behavior within a Developmental Framework. *Annual Review of Psychology*, 56, 235-263.

Garcia Coll, C., Kagan, J., & Reznick, J.S. (1984). Behavioral Inhibition in Young Children. *Child Development*, 55, 1005-1019.

Goldsmith, H.H., & Gottesman, I.I. (1981). Origins of Variation in Behavioral Style: A Longitudinal Study of Temperament in Young Twins. *Child Development*, 52, 91-103.

Goldsmith, H.H., & Campos, J.J. (1986). Fundamental issues in the study of early temperament: The Denver Twin Temperament Study. In Lamb, M.E., Brown, A.L., & Rogoff, B. (Eds.): *Advances in developmental psychology (Vol 4)*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. pp. 231-283.

Guo G., & Wang J. (2002). The Mixed or Multilevel Model for Behavior Genetics Analysis. *Behavior Genetics*, 32, 37-49.

Kagan, J., Reznick, J.S., & Snidman, N. (1988). Biological bases of childhood shyness. *Science*, 240, 167-171.

Kagan, J. (1989). Temperamental Contributions to Social Behavior. *American Psychologist*, 44(4), 668-674.

Kagan, J., Reznick, J.S., & Gibbons, J. (1989). Inhibited and Uninhibited Types of Children. *Child Development*, 60, 838-845.

Kagan, J., & Snidman, N. (1991a). Infant Predictors of Inhibited and Uninhibited Profiles. *Psychological Science*, 2(1), 40-44.

Kagan, J., & Snidman, N. (1991b). Temperamental Factors in Human Development. *American Psychologist*, 46(8), 856-862.

Kagan, J., Snidman, N., & Arcus, D. (1993). On the Temperamental Categories of Inhibited and Uninhibited Children. In Rubin, K.H., & Asendorpf, J.B. (Eds.): *Social Withdrawal, Inhibition, and Shyness in Childhood*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. pp. 19-28.

Kagan, J. (1997). Temperament and the Reactions to Unfamiliarity. *Child Development*, 68(1), 139-143.

Kagan, J., Snidman, N., & Arcus, D. (1998). Childhood Derivatives of High and Low Reactivity in Infancy. *Child Development*, 69(6), 1483-1493.

Kagan, J. (1999). The Concept of Behavioral Inhibition. In Schmidt L.A., & Schulkin J. (Eds.): *Extreme Fear, Shyness, and Social Phobia*. New York: Oxford University Press. pp. 3-13.

Kagan, J., & Saudino, K.J. (2001). Behavioral Inhibition and Related Temperaments. In Emde, R.N., & Hewitt, J.K. (Eds.): *Infancy to Early Childhood*. New York: Oxford University Press. pp. 111-126.

Kagan, J. (2003). Behavioral Inhibition as a Temperamental Category. In Davidson, R.J., Scherer, K.R., & Goldsmith, H.H. (Eds.): *Handbook of Affective Science*. New York: Oxford University Press. pp. 320-331.

Leen-Feldner, E.W., Zvolensky, M.J., Feldner, M.T., & Lejuez, C.W. (2004). Behavioral inhibition: relation to negative emotion regulation and reactivity. *Personality and Individual Differences*, 36, 1235-1247.

Matheny, A.P. (1983). A Longitudinal Twin Study of Stability of Components from Bayley's Infant Behavior Record. *Child Development*, 54, 356-360.

Matheny, A.P. (1989). Children's Behavioral Inhibition Over Age and Across Situations: Genetic Similarity for a Trait During Change. *Journal of Personality*, 57(2), 215-235.

Matheny, A.P. (1990). Developmental Behavior Genetics: Contributions from the Louisville Twin Study. In Hahn, M.E., Hewitt, J.K., Henderson, N.D., & Benno, R.H. (Eds.): *Developmental Behavior Genetics: Neural, Biometrical, and Evolutionary Approaches*. New York: Oxford University Press. pp. 25-39.

Pérusse, D. (1995). The Quebec Longitudinal Twin Study of Infant Temperament. *American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, New Orleans, USA.

Pérusse, D., Laplante, D.P., Tremblay, R.E., & Boivin, M. (2002, juillet-août). Genetic-environmental etiology of information processing precursors of later attentional problems: A study of infant twins. Paper presented at the 11th *World Congress of Psychophysiology*, Montreal, QC, Canada.

Plomin, R., & DeFries, J.C. (1985). *Origins of individual differences in infancy: The Colorado Adoption Project*. New York: Academic Press.

Plomin, R. (1987). Developmental Behavioral Genetics and Infancy. In Osofsky, J.D. (Ed.): *Handbook of Infant Development (2nd edition)*. USA: John Wiley & Sons, Inc. pp. 363-414.

Robinson, J.L., Kagan, J., Reznick, J.S., & Corley, R. (1992). The Heritability of Inhibited and Uninhibited Behavior: A Twin Study. *Developmental Psychology*, 28, 1030-1037.

Rothbart, M.K. (1981). Measurement of Temperament in Infancy. *Child Development*, 52, 570-578.

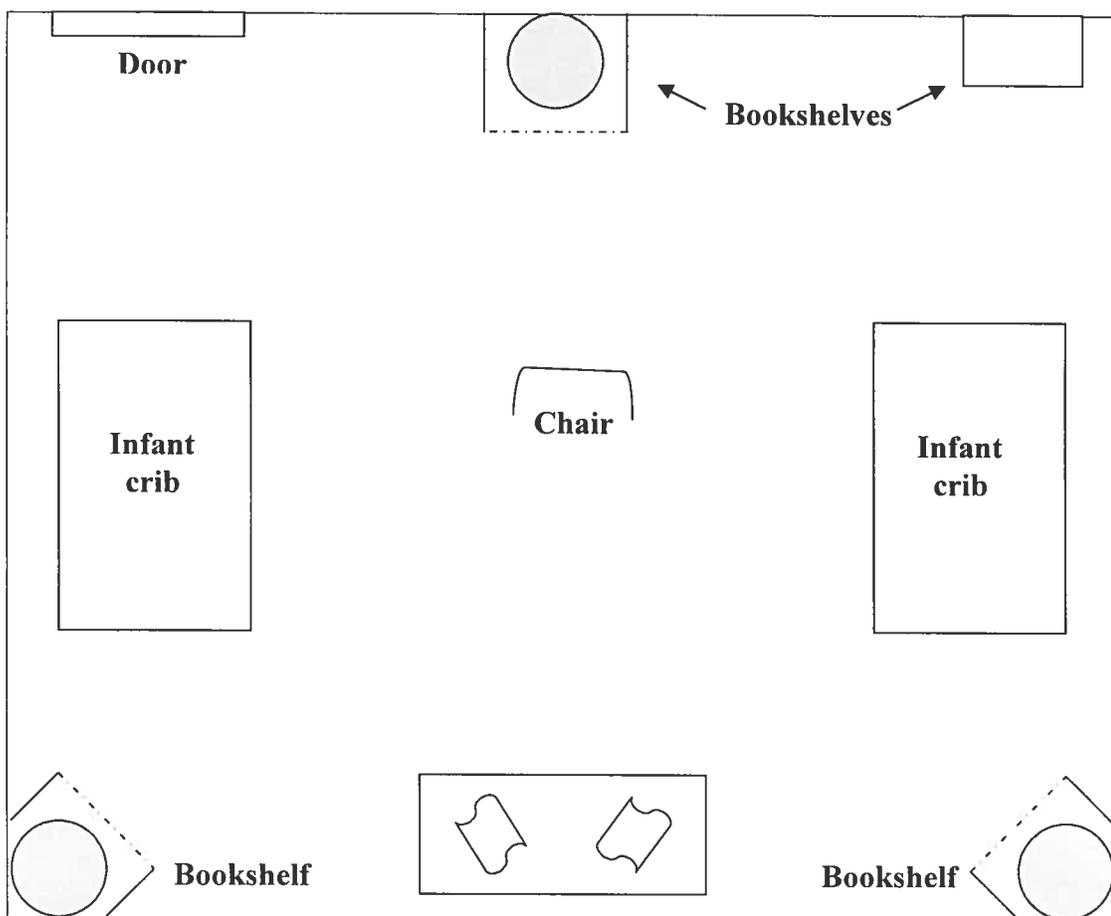
Visscher, P.M., Benyamin, B., & White, I. (2004). The Use of Linear Mixed Models to Estimate Variance Components from Data on Twin Pairs by Maximum Likelihood. *Twin Research*, 7(6), 670-674.

Weinberg, M.K., & Tronick, E.Z. (1994). Beyond the Face: An Empirical Study of Infant Affective Configurations of Facial, Vocal, Gestural, and Regulatory Behaviors. *Child Development*, 65, 1503-1515.

Wilson, R.S. (1983). The Louisville Twin Study: Developmental Synchronies in Behavior. *Child Development*, 54, 298-316.

Figure

Figure 2: Family room where the salivary extraction took place at 5 months.

**Camera****One-way mirror****Baby seat**

Tables

Table I: Description of the Observational Behavioral Reactivity Scale implemented into the *Observer* software.

Variable	Catégories	Sous-catégories
Activité physique	Immobile	
	Bouger	
	Agité	
Vocalisations	Aucune	
	Vocalisations neutres	
	Vocalisations positives	
	Vocalisations négatives	
	Pleurs	
Faciès	Neutre	
	Positif	
	Négatif	
Interactions sociales "subies"	Aucune	
	Contact physique positif de	expérimentatrice/maman/autre personne
	Contact physique contraint de	expérimentatrice/maman/autre personne
	Contact physique neutre de	expérimentatrice/maman/autre personne
	Joue avec	expérimentatrice/maman/autre personne
	Détourne la tête de	expérimentatrice/maman/autre personne
	Mimique	
Présence visuelle	Aucune	
	Expérimentatrice	
	Maman	
	Autre personne	
	Expérimentatrice et maman	
	Expérimentatrice et autre personne	
	Maman et autre personne	
	Expérimentatrice, maman et autre	
Interaction objet	Ne tient rien	
	Tient le tube	
	Tient un jouet/objet	
	Tient une personne	
	Tient tube et quelqu'un	
	Tient objet et quelqu'un	
	Tient tube et objet	

Position dans l'espace	Dans le siège	
	Dans les bras de	expérimentatrice/maman/autre personne
Extraction	Pas de tube	
	Tube proche de l'enfant	
	Tube en bouche	
Réaction au tube	Pas de réaction	
	Peur/surprise	
Autres événements	Non obstruction	
	Obstruction partielle	
	Obstruction totale	
	Cloche	
Auditif	Aucun auditif	
	Auditif de maman	
	Auditif de l'expérimentatrice	
	Auditif inconnu	
Frappe	Frappe siège	
	Frappe maman	
	Frappe expérimentatrice	
	Frappe autre	
Suce	Ne suce rien	
	Suce sucette	
	Suce pouce	
	Suce tube	

Table II: Variable description, Baseline Categories and Categories retained for analyses

Variable	Baseline Categories	Category for continuous Analyses	Categories for dichotomous analyses	Categories for trichotomous analyses
Facial expression	1. Neutral 2. Positive 3. Negative	1. Had an affect	1. Neutral 100% of task 2. Had an affect	N/A
Vocalization	1. No vocalization, 2. Neutral vocalization 3. Negative vocalization 4. Positive vocalization 5. Crying	1. Demonstrated a Vocalization	1. No vocalization 100% of task 2. Made a vocalization	N/A
Bodily Movement	1. Immobile 2. Moving 3. Agitated	1. Is moving or agitated Sometimes	N/A	1. Immobile 100% of task 2. Moved/Agitated part of the task 3. Moved/Agitated 100% of the task

Table III: Phenotypic variance structure of a multilevel model of twin data

	MZ	DZ
Within-pair variance	$\lambda_{MZ(W)}^2$	$\lambda_{DZ(W)}^2$
Between-pair variance	$\lambda_{MZ(B)}^2$	$\lambda_{DZ(B)}^2$
Total variance	$\lambda_{MZ(W)}^2 + \lambda_{MZ(B)}^2$	$\lambda_{DZ(W)}^2 + \lambda_{DZ(B)}^2$
Intraclass correlation	$\frac{\lambda_{MZ(B)}^2}{\lambda_{MZ(W)}^2 + \lambda_{MZ(B)}^2}$	$\frac{\lambda_{DZ(B)}^2}{\lambda_{DZ(W)}^2 + \lambda_{DZ(B)}^2}$

Table IV: Phenotypic variance structure for the ACE model

	MZ	DZ
Within-pair variance	e^2	$\frac{a^2}{2} + e^2$
Between-pair variance	$a^2 + c^2$	$\frac{a^2}{2} + c^2$
Total variance	$a^2 + c^2 + e^2$	$a^2 + c^2 + e^2$
Intraclass correlation	$\frac{a^2 + c^2}{a^2 + c^2 + e^2}$	$\frac{\frac{a^2}{2} + c^2}{a^2 + c^2 + e^2}$

Table V: Intercorrelations between Vocalization, Facial Expression and Bodily Movement

	Vocalization	Facial Expression	Bodily Movement
Vocalization	1	0,825*	-0,282*
Facial Expression		1	-0,373*
Bodily Movement			1

Note: * Significant correlation ($p=0.01$)

Table VI: Intraclass Correlation, Between-Pair Variance and Within-Pair Variance for Facial Expression, Vocalization, and Bodily Movement

		MZ	DZ
Facial Expression	Intraclass Correlation	0.3631*	0.1958*
	Between-Pair Variance	1.6366	0.7674
	Within-Pair Variance	2.8712	3.1524
Vocalization	Intraclass Correlation	0.2511	0.2587
	Between-Pair Variance	2.0691	1.6457
	Within-Pair Variance	6.1711*	4.7162*
Bodily Movement	Intraclass Correlation	0.02293	1.61E-13
	Between-Pair Variance	0.08759	5.73E-13
	Within-Pair Variance	3.7320*	3.5723*

* $p < 0.05$

Table VII: Model fitting and variance components for Facial Expression, Vocalization and Bodily Movement

Variable	Model	-2 Log Likelihood	AIC	BIC	a2	c2	e2
Facial expression	ACE	1569.2	1577.2	1591.1	0.2997 (-.265-.865)	0.05536 (-.410-.520)	0.6449* (.457-.833)
	AE	1569.2	1575.2	1585.7	0.3635* (.192-.535)	-	0.6365* (.465-.808)
	CE	1570.3	1576.3	1586.7	-	0.2818* (.138-.426)	0.7182* (.574-.862)
	E	1583.2	1587.2	1595.0	-	-	1.00* (1.00-1.00)
	Saturated	1567.0	1579.0	1599.8	-	-	-
Vocalisation	ACE	967.5	975.5	987.5	0 -	0.2632* (.026-.500)	0.7368* (.499-.974)
	AE	967.9	973.9	982.9	0.2901* (.019-.561)	-	0.7099* (.439-.981)
	CE	967.5	973.5	982.5	-	0.2632* (.026-.500)	0.7368* (.499-.974)
	E	971.7	975.7	982.3	-	-	1.00* (1.00-1.00)
	Saturated	962.4	974.4	992.5	-	-	-
Bodily Movement	ACE	1723.9	1731.9	1746.1	9.173E-7 -	1.659E-9 -	1.00* (1.00-1.00)
	AE	1723.9	1729.9	1740.5	5.21E-10 -	-	1.00* (1.00-1.00)
	CE	1723.9	1729.9	1740.5	-	4.3E-11 -	1.00* (1.00-1.00)
	E	1723.9	1727.9	1735.9	-	-	1.00* (1.00-1.00)
	Saturated	1717.8	1729.8	1751.2	-	-	-

Notes: Figures in parentheses represent 95% confidence intervals of the estimated parameters (rounded at 3 digits after decimal). An alpha level of 0.05 was used for all statistical tests. Three hundred and seventy observations used for Facial Expression, two hundred and one for Vocalizations and four hundred and fifteen for Bodily Movement.

The best fitting model for each variable is indicated in bold

* $0.01 > p < 0.05$

APPENDIX

Appendix 1

Manuel de codification

(les spécifications ci-dessous servent d'indices pour la codification des données)

Variable	Catégories	Spécifications
Position dans l'espace	Dans le siège	<ul style="list-style-type: none"> • L'enfant est assis dans le siège de bébé • Lorsque le postérieur de l'enfant ne touche plus au siège, l'enfant est immédiatement repris dans les bras d'une assistante de recherche sinon avec un membre de sa famille.
	Dans les bras <i>(expérimentatrice / maman / autre personne)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Du moment qu'il est soulevé du siège, que quelqu'un le tient. • La plupart du temps, il va passer du siège au bras de l'assistante au bras de la mère • Pas de contact positif

Variable	Catégories	Spécifications
Activité physique	Immobile	<ul style="list-style-type: none">• S'il y a une pause de 4 secondes ou plus on le rend immobile• La tête peut bouger très lentement et les autres membres sont immobiles• Tourne tête vite mais brièvement, soit moins de 2 secondes (autres membres immobiles)• Mouvement du corps moins de deux secondes

Variable	Catégories	Spécifications
	Bouge	<ul style="list-style-type: none"> • Tête bouge continuellement et rapidement (autres membres immobiles) • Autres membres bougent pendant plus de 2 secondes • Ex : plusieurs coups de pied • Ex : va prendre un jouet loin de lui lentement mais plus de 2 secondes • Ex : 1 des membres bouge de façon saccadée • Ex : dans les bras de quelqu'un, si on n'est pas certain qu'il est immobile, on inscrit bouge
	Agité	<ul style="list-style-type: none"> • Au moins 2 des 4 membres bougent de façon saccadée • 2 secondes ou plus • souvent lors de grosses crises
Présence visuelle (pour être présent ils doivent être debout et près de la table)	Aucune présence	<ul style="list-style-type: none"> • Cela n'arrive presque jamais • Si personne n'apparaît à l'écran

Variable	Catégories	Spécifications
	Maman	<ul style="list-style-type: none"> • Même si présente pour un court laps de temps • Pas si elle est assise
	Expérimentatrice	
	Autre personne	
	Expérimentatrice + Maman	
	Expérimentatrice + Autre personne	
	Maman + Autre personne	
	Expérimentatrice + Maman + Autre personne	
Vocalises (peu importe le temps (durée))	Aucune	L'enfant n'émet aucun son.
	Vocalisations neutres	Son qu'on ne peut distinguer du positif ou du négatif; nous ne sommes pas sûre.
	Vocalisations positives	Gazouillement, son qui implique la bonne humeur (souvent accompagné d'un faciès positif).

Variable	Catégories	Spécifications
	Vocalisations négatives	<ul style="list-style-type: none"> • Son négatif de l'enfant. • Arrive seul sans pleurs sauf si les pleurs viennent plus de 10 secondes suite au début des premières vocalisations négatives • Si il y a une pause de 5 secondes entre 2 vocalises négatives, on l'inscrit.
	Pleurs	Quand l'enfant pleure; si l'enfant arrête pour 2 secondes ou plus, on l'inscrit
Faciès (peu importe le temps)	Neutre	Sans expression faciale précise.
	Positif	Sourire, l'enfant à l'air de bonne humeur.
	Négatif	<ul style="list-style-type: none"> • Froncer les sourcils • Grimaces • À l'air de mauvaise humeur
Interaction sociale subie (si touche et joue, on privilégie joue)	Aucune	L'enfant n'a pas d'interaction, pas de contact, pas de jeu avec personne ni avec lui-même.
	Contact physique positif de (<i>expérimentatrice / maman / autre personne</i>)	Caresses, un contact qui se veut agréable pour l'enfant.

Variable	Catégories	Spécifications
	Contact physique neutre de (<i>expérimentatrice / maman / autre personne</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Contact qui ne se veut pas positif ni contraignant. • Ex : main déposée sur celle de l'enfant • Ex : replace les vêtements, replace l'enfant mal positionné. • Essuyer l'enfant
	Contact physique contraint de (<i>expérimentatrice / maman / autre personne</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Contact qui empêche l'enfant de faire un mouvement • Ex : enlever la main de l'enfant qui dérange l'assistante durant l'extraction • Retenir

Variable	Catégories	Spécifications
	Joue avec <i>(expérimentatrice / maman / autre personne)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Une personne capte son attention en lui montrant un jouet (peu importe si l'enfant y porte une grande attention ou pas) • S'il y a un arrêt de moins de 5 secondes, on continue • Lui-même : il tient ou joue avec quelque chose • Ex : jouet dans sa bouche • Si le jouet bouge, l'enfant joue • Ex : ceinture pas dans bouche : il ne joue pas ; ceinture dans la bouche : il joue
	Détourne tête (événement) <i>(expérimentatrice / maman / autre personne)</i>	L'enfant détourne sa tête du tube d'extraction salivaire

Variable	Catégories	Spécifications
	Mimique	<ul style="list-style-type: none"> • Expressions faciales sans parler • Si on n'est pas certain entre mimique et parle, on inscrit parle • S'il y a plus de 10 secondes entre les mimiques on le réinscrit
Interaction objet (les pauses de moins de 2 secondes ne sont pas comptés)	Ne tient rien	L'enfant n'agrippe rien
	Tient le tube	<ul style="list-style-type: none"> • L'enfant agrippe le tube • À partir du moment où on le voit vraiment qu'il le tient
	Tient un objet ou un jouet	<ul style="list-style-type: none"> • Quel que soit l'objet sauf le tube • Il faut voir que l'enfant fait l'effort de le tenir (plus de 2 secondes) • Ex : ceinture/suce/hochet
	Tient une personne ou une partie d'une personne	<ul style="list-style-type: none"> • Si on voit que sa main force, fait de l'effort pour tenir une personne • Ex : tient le chandail de l'expérimentatrice, son doigt, le dessus de son bras • Pas si la main de l'enfant est simplement déposé sur celle de quelqu'un

Variable	Catégories	Spécifications
	Tient tube + objet	
	Tient objet + personne	
	Tient tube + personne	
Extraction	Pas de tube	Le tube n'est pas dans la bouche de l'enfant et n'apparaît pas sur l'écran principal, soit le tube est loin de l'enfant
	Tube proche de l'enfant	<ul style="list-style-type: none"> • Tube à une main de distance de la bouche de l'enfant • Quand le tube sort à moins d'une main de distance et que celui-ci continue d'apparaître dans l'écran principal • Plus de 2 secondes
	Tube en bouche	<ul style="list-style-type: none"> • Quand le entre dans la bouche • Toujours suite à un tube proche • Lorsque le tube sort de la bouche mais à moins d'une main de distance pendant moins de 2 secondes

Variable	Catégories	Spécifications
Réaction au tube	Rejet du tube	Intention volontaire. L'enfant repousse le tube ou éloigne son visage afin de l'éviter. On ne retire pas le tube (à tube proche) à moins que cela ne fasse partie de la définition de tube proche, soit plus de 2 secondes
	Peur/Surprise	L'enfant fait une grimace de surprise ou de peur (yeux grands ouverts)
Autres événements	Rien (non-obstruction)	Le visage de l'enfant n'est pas ou peu caché (moins de l'oreille au nez)
	Obstruction partielle	La partie de l'oreille au nez de l'enfant est cachée ou on ne voit ni les yeux ni la bouche. Si l'image est très mauvaise
	Obstruction totale	Le visage de l'enfant est caché au complet, peu importe le temps.
	Cloche	On inscrit cet événement lorsque l'on entend le son de la cloche .
Suce	Ne suce rien	L'enfant ne suce rien
	Suce pouce	Pouce dans la bouche
	Suce sucette	Sucette dans la bouche

Variable	Catégories	Spécifications
	Suce tube	On doit voir clairement une succion (les joues bougent). On doit voir plus de 2 mouvements de succion. On laisse cette catégorie jusqu'à ce que l'enfant arrête pour de bon. Quand le tube n'est plus dans la bouche, on doit nécessairement enlever cette catégorie
<p>Auditif (Peu importe la durée)</p> <p>(On privilège toujours les stimuli auditifs de la mère - si juste un mot on ne l'écrit pas)</p>	Aucun	Personne ne parle à l'enfant et la maman ne parle à personne
	Auditif maman	<ul style="list-style-type: none"> • La mère de l'enfant parle (à n'importe qui) • Aussitôt que maman commence à parler jusqu'à fin de l'explication de l'expérience. Arrêt au dernier mot de la maman • Si elle ne parle pas pendant 10 secondes ou plus on l'arrête • Si elle rit • Pas si elle ne dit qu'un mot (ex : oui) • Pas si elle tousse

Variable	Catégories	Spécifications
	Auditif expérimentatrice	<ul style="list-style-type: none"> • Si elle parle directement à l'enfant cible. • Si elle arrête pour plus de 10 secondes, on arrête • Quel que soit l'expérimentatrice présente
	Auditif de ?	<ul style="list-style-type: none"> • On se sait pas qui parle
Frappe (si c'est évident, mais seulement une fois, on le note)	Frappe siège	Si frappe au moins (2 fois) de suite avec un mouvement brusque et évident (si frappe avec 2 mains on inscrit agité)
	Frappe expérimentatrice	Il faut que l'enfant frappe (2 fois ou plus) brusquement et de façon évidente quel que soit l'expérimentatrice.
	Frappe maman	Il faut que l'enfant frappe (2 fois ou plus) brusquement et de façon évidente
	Frappe autre personne	Il faut que l'enfant frappe (2 fois ou plus) brusquement et de façon évidente

Déclaration des coauteurs

Identification

Erika Dugas

Programme: M.S.c en anthropologie

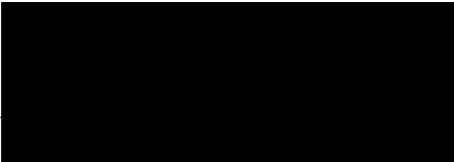
Description de l'article

Erika Dugas, Daniel Pérusse, Nancy Illick, Alain Girard, Pierrich Plusquelec, Richard E. Tremblay & Michel Boivin. Genetic and Environmental Influences on Infant Reactivity to Novelty: A Twin Study. Cet article sera soumis à *Child Development*.

Déclaration des coauteurs

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, je suis d'accord pour que Erika Dugas inclue cet article dans son mémoire de maîtrise qui à pour titre : Facteurs génétiques et environnementaux du développement émotionnel chez le nourrisson – la réactivité chez des jumeaux de 5 mois.

DANIEL PÉRUSSE



16/01/06

Coauteur

Date

Coauteur

Signature

Date

Déclaration des coauteurs

Identification

Erika Dugas

Programme: M.S.c en anthropologie

Description de l'article

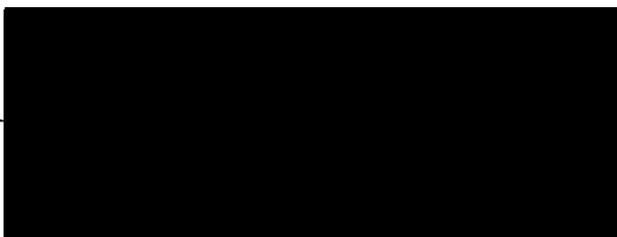
Erika Dugas, Daniel Pérusse, Nancy Illick, Alain Girard, Pierrich Plusquelec, Richard E. Tremblay & Michel Boivin. Genetic and Environmental Influences on Infant Reactivity to Novelty: A Twin Study. Cet article sera soumis à *Child Development*.

Déclaration des coauteurs

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, je suis d'accord pour que Erika Dugas inclue cet article dans son mémoire de maîtrise qui a pour titre : Facteurs génétiques et environnementaux du développement émotionnel chez le nourrisson – la réactivité chez des jumeaux de 5 mois.

NANCY ILLICK

Coauteur



19-01-2006

Date

Coauteur

Signature

Date

Déclaration des coauteurs

Identification

Erika Dugas

Programme: M.S.c en anthropologie

Description de l'article

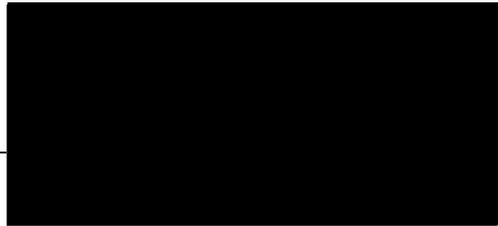
Erika Dugas, Daniel Pérusse, Nancy Illick, Alain Girard, Pierrich Plusquelec, Richard E. Tremblay & Michel Boivin. Genetic and Environmental Influences on Infant Reactivity to Novelty: A Twin Study. Cet article sera soumis à *Child Development*.

Déclaration des coauteurs

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, je suis d'accord pour que Erika Dugas inclue cet article dans son mémoire de maîtrise qui a pour titre : Facteurs génétiques et environnementaux du développement émotionnel chez le nourrisson – la réactivité chez des jumeaux de 5 mois.

Alain Girard

Coauteur



16 Jan 2006
Date

Coauteur Signature Date

Déclaration des coauteurs

Identification

Erika Dugas

Programme: M.S.c en anthropologie

Description de l'article

Erika Dugas, Daniel Pérusse, Nancy Illick, Alain Girard, Pierrich Plusquellec, Richard E. Tremblay & Michel Boivin. Genetic and Environmental Influences on Infant Reactivity to Novelty: A Twin Study. Cet article sera soumis à *Child Development*.

Déclaration des coauteurs

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, je suis d'accord pour que Erika Dugas inclue cet article dans son mémoire de maîtrise qui a pour titre : Facteurs génétiques et environnementaux du développement émotionnel chez le nourrisson – la réactivité chez des jumeaux de 5 mois.

Coauteur Signature Date

Coauteur Signature Date

Coauteur  Date

Coauteur *PLUSQUELLEC Pierrich* *25/01/2006*
Date

Coauteur Signature Date

Coauteur Signature Date

Déclaration des coauteurs

Identification

Erika Dugas

Programme: M.S.c en anthropologie

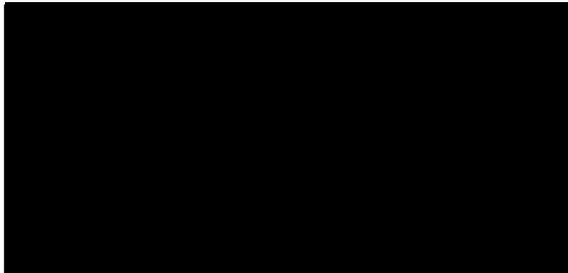
Description de l'article

Erika Dugas, Daniel Pérusse, Nancy Illick, Alain Girard, Pierrich Plusquelec, Richard E. Tremblay & Michel Boivin. Genetic and Environmental Influences on Infant Reactivity to Novelty: A Twin Study. Cet article sera soumis à *Child Development*.

Déclaration des coauteurs

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, je suis d'accord pour que Erika Dugas inclue cet article dans son mémoire de maîtrise qui à pour titre : Facteurs génétiques et environnementaux du développement émotionnel chez le nourrisson – la réactivité chez des jumeaux de 5 mois.

Richard E. Tremblay
Coauteur



18 janvier 2006
Date

Coauteur

Signature

Date

Déclaration des coauteurs

Identification

Erika Dugas

Programme: M.S.c en anthropologie

Description de l'article

Erika Dugas, Daniel Pérusse, Nancy Illick, Alain Girard, Pierrich Plusquelec, Richard E. Tremblay & Michel Boivin. Genetic and Environmental Influences on Infant Reactivity to Novelty: A Twin Study. Cet article sera soumis à *Child Development*.

Déclaration des coauteurs

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessus, je suis d'accord pour que Erika Dugas inclue cet article dans son mémoire de maîtrise qui a pour titre : Facteurs génétiques et environnementaux du développement émotionnel chez le nourrisson – la réactivité chez des jumeaux de 5 mois.

Coauteur	Signature	Date
----------	-----------	------

Coauteur	Signature	Date
----------	-----------	------

Coauteur	Signature	Date
----------	-----------	------

Coauteur	Signature	Date
----------	-----------	------

Coauteur		Date
----------	--	------

<i>Michel Boivin</i>		<i>17/01/2006</i>
----------------------	--	-------------------

Coauteur		Date
----------	--	------

Note sur la participation des coauteurs

Cet article a été produit à partir de la base de données de l'Étude des jumeaux nouveaux-nés du Québec (ÉJNQ), dirigée par le docteur Daniel Pérusse.

Erika Dugas est responsable de la plus grande part de la conception de la problématique de recherche présentée dans cet article, de la compilation des données, des analyses, de l'interprétation des résultats et de la rédaction de l'article. Elle a également participé à la collecte de données. Les coauteurs ont contribué à différentes étapes du processus.

Daniel Pérusse a conçu la méthode d'analyse utilisée dans cet article et supervisé tout le processus de recherche et de rédaction. Il a également présidé à la conception et à la constitution de l'ÉJNQ.

Pierrich Plusquellec a supervisé la collecte de données, ainsi que les accords inter-juges entre les codificatrices. Il a également collaboré à la conception de la grille de codification

Alain Girard a participé et supervisé les analyses de données et l'interprétation des résultats.

Nancy Illick a collaboré à la conception de la grille de codification et participé à la codification des données.

Les subventions de recherche accordées à Michel Boivin, Richard E. Tremblay et Daniel Pérusse ont contribué à la mise sur pied et au fonctionnement de l'ÉJNQ.

CHAPITRE 3
CONCLUSION

Conclusion

Le but de ce projet était d'approfondir nos connaissances en recherche et de tenter d'élucider l'étiologie génétique – environnementale quant à la réactivité et l'inhibition comportementale chez le nourrisson. Suite à une expérience en laboratoire, la réactivité fut mesurée chez des sujets jumeaux MZ et DZ à la petite enfance (cinq mois) dans le cadre de l'Étude des jumeaux nouveau-nés du Québec. De tous les phénotypes étudiés, seuls l'Expression Faciale, les Vocalises et l'Agitation Corporelle furent retenus puisqu'ils semblaient présenter une variabilité inter individuelle significative. Après maintes analyses utilisant les méthodes de la génétique quantitative, seule l'Expression Faciale a démontré une influence génétique modeste. Les deux autres variables apparaissent plutôt sujettes aux influences environnementales; tandis que les Vocalises démontrent une influence de l'environnement unique et commun, l'Agitation semble être seulement sous l'influence de l'environnement unique. La réactivité comportementale à 5 mois, telle que mesurée dans ce contexte, ne semble donc pas être sous une influence génétique importante.

L'influence génétique a-t-elle été exagérée dans les études précédentes? Ou nos outils de mesure, soit notre stimulus ou encore notre grille de codification, captent-ils adéquatement le construit émotionnel souhaité? Il est difficile de répondre à cette dernière question. Le "bruit environnemental", qui comprend l'erreur expérimentale ainsi que l'activité normale non reliées au stimulus ou à la situation en cours, est présent dans tout projet. Le chercheur doit s'assurer que ce "bruit" ne vient pas compromettre les données. Bien qu'il se peut que nos instruments de mesure n'aient pas parfaitement

cerné les phénotypes à l'étude, la situation choisie afin de mesurer la réactivité était nettement nouvelle et a engendré une grande variabilité inter individuelle auprès de nos sujets.

Et si les résultats obtenus reflétaient la réalité? Si les phénotypes comportementaux reliés à la réactivité comportementale et au "tempérament" étaient peu influencés par les facteurs génétiques? Cela voudrait dire que les influences environnementales, tels les comportements parentaux et la sensibilité maternelle, auraient possiblement une influence importante sur la personnalité humaine. Apprend-t-on à éviter des gens, des choses, ou encore des endroits inconnus, même si la capacité d'évitement du danger potentiel est une caractéristique biologique de l'espèce?

Des études plus approfondies dans le domaine de la réactivité comportementale à la petite enfance sont nécessaires afin de vérifier nos résultats et reproduire nos conclusions. D'autres stimuli, différents de ceux traditionnellement utilisés par Kagan et les adeptes de ses théories, doivent être utilisés pour mesurer l'inhibition et la réactivité comportementale afin de vérifier si les conclusions existantes sont valides et fidèles à travers différentes situations.

Comme nous l'avons mentionné à plusieurs reprises, le débat Nature/Culture est loin d'être résolu!

Bibliographie

Akaike, H. (1987). Factor analysis and AIC. *Psychometrika*, 52, 317-332.

Arcus, D. (2001). Inhibited and Uninhibited Children: Biology in the Social Context. In Wachs, T.D., & Kohnstamm, G.A. (Eds.): *Temperament in Context*. Mahway, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. pp. 43-60.

Baker, L.A., Cesa, I.L., Gatz, M., & Mellins, C. (1992). Genetic and Environmental influences on positive and negative affect: support for a two-factor theory. *Psychology and Aging*, 7(1), 158-163.

Bates, J.E. (1987). Temperament in Infancy. In Osofsky, J.D. (Ed.): *Handbook of Infant Development (2nd edition)*. USA: John Wiley & Sons, Inc. pp. 1101-1149.

Bishop, G., Spence, S.H., & McDonald, C. (2003). Can Parents and Teachers Provide a Reliable and Valid Report of Behavioral Inhibition? *Child Development*, 74(6), 1899-1917.

DiLalla, L.F., Kagan, J., & Reznick, J.S. (1994). Genetic Etiology of Behavioral Inhibition Among 2-Year-Old Children. *Infant Behavior and Development*, 17, 405-412.

Emde, R.N., Plomin, R., Robinson, J., Corley, R., DeFries, J., Fulker, D.W., Reznick, J.S., Campos, J., Kagan, J., & Zahn-Waxler, C. (1992). Temperament, Emotion, and

Cognition at Fourteen Months: The MacArthur Longitudinal Twin Study. *Child Development*, 63, 1437-1455.

Forget-Dubois, N., & Pérusse, D. (1997). L'Étude des jumeaux nouveau-nés du Québec : étiologie génétique et environnementale des troubles tempéramentaux et cognitifs dès la première année de vie. *The Canadian J. of Research in Early Childhood Education*, 6, 267-269.

Forget-Dubois, N., Pérusse, D., Turecki, G., Girard, A., Billette, J-M., Rouleau, G., Boivin, M., Malo, J., & Tremblay, R. (2003). Diagnosing Zygosity in Infant Twins: Physical Similarity, Genotyping, and Chorionicity. *Twin Research*, 6(6), 479-485.

Fox, N.A., Henderson, H.A., Marshall, P.J., Nichols, K.E., & Ghera, M.M. (2005). Behavioral Inhibition: Linking Biology and Behavior within a Developmental Framework. *Annual Review of Psychology*, 56, 235-263.

Garcia Coll, C., Kagan, J., & Reznick, J.S. (1984). Behavioral Inhibition in Young Children. *Child Development*, 55, 1005-1019.

Goldsmith, H.H., & Gottesman, I.I. (1981). Origins of Variation in Behavioral Style: A Longitudinal Study of Temperament in Young Twins. *Child Development*, 52, 91-103.

Goldsmith, H.H., & Campos, J.J. (1986). Fundamental issues in the study of early temperament: The Denver Twin Temperament Study. In Lamb, M.E., Brown, A.L., &

Rogoff, B. (Eds.): *Advances in developmental psychology (Vol 4)*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. pp. 231-283.

Goldsmith, H.H., Buss, A.H., Plomin, R., Rothbart, M.K., Thomas, A., Chess, S., Hinde, R.A., & McCall, R.B. (1987). Roundtable: What is Temperament? Four Approaches. *Child Development*, 58, 505-529.

Goldsmith, H.H., & Campos, J.J. (1990) The structure of temperamental fear a pleasure in infants. *Child Development*, 61, 1944-1964.

Guo G., & Wang J. (2002). The Mixed or Multilevel Model for Behavior Genetics Analysis. *Behavior Genetics*, 32, 37-49.

Holinger, P.C. (2000). Early intervention and prevention of psychopathology: the potential role of affect. *Clinical Social Work Journal*, 28(1), 23-39.

Huitt, W.G. (1996). Systems model of human behavior. *Educational Psychology Interactive*. Valdosta, GA: Valdosta State University. Retrieved December 1996, from <http://chiron.valdosta.edu/whuitt/materials/sysmdlhb.html>.

Izard, C.E., Fantauzzo, C.A., Castle, J.M., Haynes, O.M., Rayias, M.F., & Putnam, P.H. (1995). The ontogeny and significance of infants' facial expressions in the first 9 months of life. *Developmental Psychology*, 31, 997-1013.

Kagan, J., Reznick, J.S., & Snidman, N. (1985). Temperamental inhibition in early childhood. In Plomin, R., & Dunn, J. (Eds): *The Study of Temperament: Changes, Continuities, and Challenges*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. pp. 53-65.

Kagan, J., Reznick, J.S., & Snidman, N. (1988). Biological bases of childhood shyness. *Science*, 240, 167-171.

Kagan, J. (1989). Temperamental Contributions to Social Behavior. *American Psychologist*, 44(4), 668-674.

Kagan, J., Reznick, J.S., & Gibbons, J. (1989). Inhibited and Uninhibited Types of Children. *Child Development*, 60, 838-845.

Kagan, J., & Snidman, N. (1991a). Infant Predictors of Inhibited and Uninhibited Profiles. *Psychological Science*, 2(1), 40-44.

Kagan, J., & Snidman, N. (1991b). Temperamental Factors in Human Development. *American Psychologist*, 46(8), 856-862.

Kagan, J., Snidman, N., & Arcus, D. (1993). On the Temperamental Categories of Inhibited and Uninhibited Children. In Rubin, K.H., & Asendorpf, J.B. (Eds.): *Social Withdrawal, Inhibition, and Shyness in Childhood*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers. pp. 19-28.

Kagan, J. (1997). Temperament and the Reactions to Unfamiliarity. *Child Development*, 68(1), 139-143.

Kagan, J., Snidman, N., & Arcus, D. (1998). Childhood Derivatives of High and Low Reactivity in Infancy. *Child Development*, 69(6), 1483-1493.

Kagan, J. (1999). The Concept of Behavioral Inhibition. In Schmidt L.A. & Schulkin J. (Eds.): *Extreme Fear, Shyness, and Social Phobia*. New York: Oxford University Press. pp. 3-13.

Kagan, J., & Saudino, K.J. (2001). Behavioral Inhibition and Related Temperaments. In Emde, R.N., & Hewitt, J.K. (Eds.): *Infancy to Early Childhood*. New York: Oxford University Press. pp. 111-126.

Kagan, J. (2003). Behavioral Inhibition as a Temperamental Category. In Davidson, R.J., Scherer, K.R., & Goldsmith, H.H. (Eds.): *Handbook of Affective Science*. New York: Oxford University Press. pp. 320-331.

Leen-Feldner, E.W., Zvolensky, M.J., Feldner, M.T., & Lejuez, C.W. (2004). Behavioral inhibition: relation to negative emotion regulation and reactivity. *Personality and Individual Differences*, 36, 1235-1247.

Matheny, A.P. (1983). A Longitudinal Twin Study of Stability of Components from Bayley's Infant Behavior Record. *Child Development*, 54, 356-360.

Matheny, A.P. (1989). Children's Behavioral Inhibition Over Age and Across Situations: Genetic Similarity for a Trait During Change. *Journal of Personality*, 57(2), 215-235.

Matheny, A.P. (1990). Developmental Behavior Genetics: Contributions from the Louisville Twin Study. In Hahn, M.E., Hewitt, J.K., Henderson, N.D., & Benno, R.H. (Eds): *Developmental Behavior Genetics: Neural, Biometrical, and Evolutionary Approaches*. New York: Oxford University Press. pp. 25-39.

Pérusse, D. (1995). The Quebec Longitudinal Twin Study of Infant Temperament. *American Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, New Orleans, USA.

Pérusse, D., Laplante, D.P., Tremblay, R.E., & Boivin, M. (2002, juillet-août). Genetic-environmental etiology of information processing precursors of later attentional problems: A study of infant twins. Paper presented at the 11th World Congress of Psychophysiology, Montreal, QC, Canada.

Plomin, R. (1987). Developmental Behavioral Genetics and Infancy. In Osofsky, J.D. (Ed.): *Handbook of Infant Development (2nd edition)*. USA: John Wiley & Sons, Inc. pp. 363-414.

Plomin, R., & DeFries, J.C. (1985). Origins of individual differences in infancy: The Colorado Adoption Project. New York: Academic Press.

Plomin, R. (1987). Developmental Behavioral Genetics and Infancy. In Osofsky, J.D. (Ed.): *Handbook of Infant Development (2nd edition)*. USA: John Wiley & Sons, Inc. pp. 363-414.

Plomin, R., DeFries, J.C., McClearn, G.E., & Rutter, M. (1999). Des gènes au comportement: introduction à la génétique comportementale (traduction et adaptation de la 3^e édition américaine de *Behavioral Genetics*). Paris, Bruxelles : DeBoeck University. 482p.

Robinson, J.L., Kagan, J., Reznick, J.S., & Corley, R. (1992). The Heritability of Inhibited and Uninhibited Behavior: A Twin Study. *Developmental Psychology*, 28, 1030-1037.

Rothbart, M.K. (1981). Measurement of Temperament in Infancy. *Child Development*, 52, 570-578.

Visscher, P.M., Benyamin, B., & White, I. (2004). The Use of Linear Mixed Models to Estimate Variance Components from Data on Twin Pairs by Maximum Likelihood. *Twin Research*, 7(6), 670-674.

Weinberg, M.K., & Tronick, E.Z. (1994). Beyond the Face: An Empirical Study of Infant Affective Configurations of Facial, Vocal, Gestural, and Regulatory Behaviors. *Child Development*, 65, 1503-1515.

Wilson, R.S. (1983). The Louisville Twin Study: Developmental Synchronies in Behavior. *Child Development*, 54, 298-316.

Figure 1: System Model of Human Behavior

