

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'UTILISATION DE CONTEXTES ASSOCIÉS AU CORPS HUMAIN POUR
SUSCITER L'INTÉRÊT DES ÉTUDIANTES EN PHYSIQUE MÉCANIQUE :
UNE ÉTUDE DE L'ENGAGEMENT ÉMOTIONNEL

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN EDUCATION

PAR

GENEVIÈVE ALLAIRE-DUQUETTE

AOÛT 2013

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

À ma mère qui m'a un jour inscrite malgré moi en sciences!

REMERCIEMENTS

Je remercie d'abord Patrick Charland, mon directeur, pour son incroyable dévouement à l'égard de ma recherche. Il m'a supportée inconditionnellement dans ce qui allait être un très sinueux parcours. Je remercie également Martin Riopel, mon codirecteur, pour son regard juste et éclairant sur mon travail.

Je suis plus que reconnaissante de tout le support que j'ai pu recevoir de l'ÉREST (L'Équipe de recherche en enseignement des sciences et de la technologie). En particulier Patrice Potvin pour son pragmatisme et son leadership, Steve Masson pour sa rigueur, Lorie-Marlène Brault-Foisy pour son écoute, et tous ceux qui joignent l'équipe plus ou moins régulièrement. Un merci tout spécial à Yannick Skelling-Desmeules qui s'est attelé à la tâche aride qu'est le traitement des données et à Daniel Lemieux pour le prêt des équipements.

Je remercie les étudiantes qui ont participé à la recherche et les professeurs qui m'ont généreusement permis de recruter dans leurs classes. Merci aussi à Simon Lacroix, pour m'avoir prêté son refuge dans la forêt. Les mots s'alignent tellement mieux quand on est dans le calme.

Je remercie aussi Suzanne Hidi et Lore Hoffmann, deux chercheuses qui m'ont énormément inspirée. Merci à Louise Gaudreau de m'avoir initiée à la méthodologie de la recherche de manière si exemplaire.

Je remercie Thierry pour la perspective rafraichissante qu'il a sur la didactique des sciences et pour l'intérêt qu'il a à l'égard de mes études, jour après jour.

Enfin, merci à Jean-Philippe, un infatigable ami, dans tout ce que ça signifie.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	III
TABLE DES MATIÈRES	IV
Liste des figures	VII
Liste des tableaux	VIII
Liste des abréviations, des sigles et des acronymes	X
RÉSUMÉ	XI
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I PROBLÉMATIQUE	4
1.1 Contexte socioéducatif	4
1.1.1 <i>La sous-représentation des étudiantes en physique</i>	5
1.1.2 <i>L'impact social de la sous-représentation féminine en physique</i>	8
1.1.3 <i>Les facteurs responsables de la sous-représentation des étudiantes en physique</i>	10
1.2 Problématique scientifique	13
1.2.1 <i>L'importance de développer l'intérêt à l'égard de la physique</i>	13
1.2.2 <i>Le faible intérêt des femmes pour la physique et ses contextes</i>	16
1.2.3 <i>Le lien entre les contextes et l'engagement émotionnel</i>	18
1.2.4 <i>Une perspective psychophysiologique à l'étude de l'intérêt</i>	20
1.3 Objectif de recherche	22
1.4 Pertinence et retombées attendues	23

CHAPITRE II CADRE THÉORIQUE	25
2.1 Le développement de l'intérêt.....	25
2.1.1 <i>Le concept d'intérêt</i>	25
2.1.2 <i>Un modèle développement de l'intérêt en quatre phases</i>	26
2.1.3 <i>L'intérêt à l'égard de la physique</i>	29
2.2 Perspective psychophysique du déclenchement de l'intérêt.....	30
2.2.1 <i>Le concept d'engagement émotionnel</i>	30
2.2.2 <i>Approche psychophysique</i>	33
2.2.3 <i>La mesure de l'engagement émotionnel</i>	34
2.3 Les connaissances actuelles sur l'intérêt des étudiantes à l'égard de la physique	36
2.3.1 <i>Les initiatives pédagogiques pour développer l'intérêt</i>	36
2.3.2 <i>L'utilisation de contextes pour susciter l'intérêt des étudiantes</i>	39
2.4 Objectifs spécifiques et hypothèses de recherche	42
CHAPITRE III MÉTHODOLOGIE.....	45
3.1 Échantillon	45
3.1.1 <i>Critères de sélection</i>	45
3.1.2 <i>Caractéristiques de l'échantillon</i>	46
3.2 Instrumentation	46
3.2.1 <i>L'activité électrodermale comme mesure de l'arousal</i>	47
3.2.2 <i>La réponse subjective comme mesure de la valence</i>	50
3.3 Tâche expérimentale	51
3.3.1 <i>Exercices de physique mécanique</i>	51
3.3.2 <i>Déroulement de l'expérimentation</i>	51
3.4 Analyse des données	52
3.4.1 <i>Prétraitement des données</i>	52
3.4.2 <i>Traitement des données</i>	56

3.5	Prise en considération des biais possibles	58
3.6	Considérations éthiques	59
	CHAPITRE IV RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION	60
4.1	Résultats de la comparaison de l'engagement émotionnel	60
4.1.1	<i>La valence</i>	60
4.1.2	<i>L'arousal</i>	63
4.2	Interprétation et limites des résultats	73
4.3	Perspectives de recherche	76
	CONCLUSION	79
	APPENDICE A TÂCHE EXPÉRIMENTALE	82
	APPENDICE B QUESTIONNAIRE DE MOTIVATION À L'ÉGARD DE LA PHYSIQUE	93
	APPENDICE C PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL	100
	APPENDICE D FORMULAIRES D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT	102
	APPENDICE E TEST DE HOLM (1979) ET DE LARZELERE ET MALUAIK (1977)	113
	APPENDICE F CONFIGURATIONS DU MONTAGE EXPÉRIMENTAL	114
	RÉFÉRENCES	116

LISTE DES FIGURES

1.1	Évolution du taux de féminité parmi les nouveaux effectifs étudiants au baccalauréat en sciences pures au Québec de 1999 à 2005.....	6
1.2	Évolution du taux de féminité chez les étudiants du baccalauréat en physique au Québec de 1999-2007.....	7
1.3	La proportion de femmes titulaires d'un doctorat selon le domaine d'étude, proportion moyenne de 2002 à 2004.....	8
3.1	Dispositif SS57L de <i>Biopac</i>	49
3.2	Montage expérimental (équipement et logiciels).....	52
3.3	Captures d'écran du logiciel <i>BSL Pro</i> : tracé du niveau d'activité électrodermale lissé et transformé en son logarithme.....	53
3.4	Capture d'écran du logiciel <i>BSL Pro</i> : tracé brut du niveau d'activité électrodermale.....	54
4.1	Graphique à bandes de la valence moyenne déclarée pour les contextes humains et techniques.....	61
4.2	Graphique à bandes de la variance moyenne du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humain et technique	65
4.3	Graphique à bandes de la moyenne du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humains et techniques.....	68
4.4	Graphique à bandes de la fréquence moyenne des réponses électrodermales spontanées pour les contextes humain et technique	71

LISTE DES TABLEAUX

2.1	Quatre phases du modèle du développement de l'intérêt	28
3.1	Avantages et limites de l'utilisation de l'activité électrodermale pour mesurer le niveau d' <i>arousal</i> de l'engagement émotionnel.....	48
4.1	Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov de valence moyenne déclarée.....	61
4.2	Comparaison de la valence moyenne déclarée pour les contextes humains et techniques.....	62
4.3	Comparaison de la valence moyenne déclarée pour les contextes humains et techniques.....	63
4.4	Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov de la variance moyenne du niveau électrodermal.....	64
4.5	Comparaison de la variance moyenne du niveau électrodermal pour les contextes humains et techniques.....	66
4.6	Comparaison de la variance moyenne du niveau électrodermal pour les contextes humains et techniques.....	66
4.7	Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov de la moyenne du niveau d'activité électrodermale	67
4.8	Comparaison de la moyenne du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humains et techniques	69
4.9	Comparaison de la moyenne du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humains et techniques	69
4.10	Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov de la fréquence moyenne des réponses électrodermales spontanées	70
4.11	Comparaison de la fréquence moyenne des réponses électrodermales spontanées pour les contextes humains et techniques	72

4.12 Comparaison de la fréquence moyenne des réponses électrodermales
non spécifiques pour les contextes humains et techniques 72

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

ACUC	Association des collèges et des universités du Canada
AED	Activité électrodermale
OCDE	Organisation de coopération et de développement économique

RÉSUMÉ

Il est souvent évoqué que les cours de physique postsecondaires proposent aux étudiants des problèmes décontextualisés ou mis en contexte essentiellement à partir de thèmes techniques plutôt qu'humains (Holmes, Burns, Marra, Stubbe et Vine, 2003; Murphy, 1990; Srivastava, 1996). Cela expliquerait en partie la sous-représentation historique et actuelle des femmes dans ce domaine ainsi que le déclin de l'intérêt des étudiantes à l'égard de la physique. Il s'avère en effet plus difficile pour les étudiantes de développer et maintenir un intérêt pour la discipline puisque les contextes humains, pratiquement absents en physique, sont reconnus comme suscitant mieux l'intérêt des femmes que les contextes purement techniques qui sont majoritairement utilisés (Hoffmann, 2002). À ce jour, les recherches en enseignement de la physique portant sur l'intérêt des étudiants utilisent principalement des données comportementales ou contextuelles, mais aucune n'a encore mesuré l'intérêt en temps réel et en action. Or, des mesures psychophysiologiques permettent de recueillir ce type de données de façon non intrusive et ainsi d'observer le déclenchement de l'intérêt par la mesure de l'engagement émotionnel d'étudiantes pendant qu'elles réalisent des tâches en physique. Le choix de la variable « engagement émotionnel » est justifié par des résultats de recherche démontrant qu'un engagement émotionnel marqué et positif représente un premier stade essentiel dans le développement de l'intérêt pour une discipline (Hidi et Renninger, 2006). Le protocole de cette recherche permet de comparer l'engagement émotionnel d'étudiantes réalisant des exercices de physique dont certains sont contextualisés de manière technique et d'autres par des thèmes touchant au corps humain. Les données ont été recueillies auprès de treize étudiantes de niveau collégial et universitaire qui ont chacune réalisé dix exercices à contexte technique et à contexte humain. En somme, les résultats de cette recherche permettent de conclure que la contextualisation de la physique semble jouer un rôle significatif dans le déclenchement de l'intérêt des étudiantes pour la physique, puisque l'engagement émotionnel des étudiantes s'est avéré significativement plus positif, et en partie significativement plus marqué lors de la réalisation d'exercices contextualisés à partir du corps humain qu'à partir d'objets techniques. Toutefois, certaines limites associées au design de la tâche expérimentale et à la sélection et la taille de l'échantillon incitent à user de prudence dans l'interprétation des résultats et la généralisation des conclusions de cette recherche. Une deuxième phase de l'étude incluant un plus grand échantillon et une tâche plus variée serait nécessaire pour réellement confirmer les hypothèses.

Mots clés : intérêt, physique, femmes, engagement émotionnel, activité électrodermale .

INTRODUCTION

La sous-représentation des femmes dans la communauté scientifique est bien documentée, et ce, particulièrement en physique (Association des collèges et des universités du Canada [ACUC], 2007; Taasobshirazi et Carr, 2008). Paradoxalement, bien que dans plusieurs domaines scientifiques et technologiques l'écart ait eu tendance à diminuer dans les dernières décennies, l'inégalité entre les hommes et les femmes, tant dans la sphère professionnelle qu'académique, ne se résorbe pas en physique (Ivie et Stowe, 2000; Khale et Meece, 1994; Lorenzo, Crouch et Mazur, 2006). Il est reconnu que l'intérêt des étudiants à l'égard de la physique décline au cours des études secondaires et qu'en moyenne, les étudiantes développent un faible intérêt pour la discipline (Gardner, 1985, 1998; Ormerod et Duckworth, 1975; Hoffmann, 2002). L'un des facteurs responsables de ce faible intérêt des femmes pourrait être l'utilisation abusive de contextes techniques et scientifiques dans le matériel pédagogique au détriment de contextes reflétant des intérêts humains. L'hypothèse avancée est que les contextes utilisés en physique suscitent peu l'engagement émotionnel des étudiantes et que, comme l'engagement émotionnel représente une première étape essentielle dans le développement de l'intérêt à l'égard d'une discipline scolaire (Hidi et Renninger, 2006), les femmes se trouvent désavantagées. Pour mettre à l'épreuve cette hypothèse, une recherche sur le lien entre le type de contexte d'exercices de physique et l'engagement émotionnel d'étudiantes est proposée. Celle-ci permet de déterminer si certains contextes suscitent un engagement émotionnel plus marqué. L'objectif de cette recherche consiste plus précisément à comparer l'engagement émotionnel suscité par des contextes techniques et par des contextes humains chez des étudiantes.

Le premier chapitre de ce mémoire précise la problématique de la recherche. Pour ce faire, le problème de recherche est d'abord placé dans son contexte socioéducatif. Ensuite, la présentation de la problématique scientifique consiste en une mise en relation du phénomène du faible intérêt des étudiantes à l'égard de la physique et du traditionalisme de la discipline qui écarte de son enseignement des valeurs humanistes comme l'utilité sociale de la physique ou son rôle dans l'amélioration de la qualité de vie. La pertinence d'aborder le problème de recherche à partir d'une approche psychophysiological est aussi justifiée. Le chapitre se conclut par l'énoncé de l'objectif général de la recherche.

Dans le deuxième chapitre, les assises théoriques sont décrites. Ainsi, le modèle développemental de l'intérêt à la base de la recherche est expliqué. Par la suite, l'approche psychophysiological de la recherche est définie ainsi que le concept central de l'étude : l'engagement émotionnel. Enfin, une recension des principales connaissances actuelles sur l'enseignement contextualisé de la physique et le développement de l'intérêt à l'égard de cette discipline est présentée. En conclusion, les hypothèses de recherche sont formulées et la pertinence de la recherche est justifiée.

Le troisième chapitre concerne la méthodologie. Il y est d'abord question de l'échantillonnage et de l'instrumentation liés au protocole de recherche. L'élaboration de la tâche expérimentale et le déroulement de la collecte de données sont aussi expliqués. Le traitement et l'analyse des données sont enfin présentés.

Le quatrième et dernier chapitre fait place à la présentation des résultats et à leur interprétation. Les limites des résultats obtenus ainsi que les difficultés rencontrées lors de la collecte et l'analyse des données sont précisées. À la fin du chapitre, on retrouve une réflexion sur les perspectives de recherche.

La conclusion présente une synthèse des résultats ainsi qu'un aperçu des retombées et réflexions qu'apportent la recherche à l'enseignement de la physique. En appendice, le lecteur retrouvera, entre autres, le protocole expérimental, la tâche de physique mécanique élaborée en plus des questionnaires utilisés.

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE

Ce premier chapitre précise d'abord le contexte socioéducatif du problème de recherche. L'ampleur de la sous-représentation féminine en physique postsecondaire est évoquée ainsi que les préoccupations sociales qui en découlent. S'en suit un aperçu des principaux facteurs susceptibles d'expliquer le délaissement de la physique par les étudiantes. Ensuite, la problématique scientifique du déclin de l'intérêt des étudiantes à l'égard de la physique est présentée en insistant sur l'importance du développement de l'intérêt à l'égard d'une discipline ainsi que sur les caractéristiques inhérentes de l'enseignement de la physique qui contribuent à perpétuer le faible intérêt des femmes. Enfin, le chapitre se conclut par l'énoncé de l'objectif général de la recherche.

1.1 Contexte socioéducatif

La sous-représentation des étudiantes en physique est un phénomène socioéducatif préoccupant et répandu ayant fait l'objet de multiples études (Baram-Tsabari et Yarden, 2008). Dans la prochaine section, l'ampleur et l'étendue de la sous-représentation sont présentées. Ensuite, un portrait de l'impact social de ce phénomène est dressé et finalement les principaux facteurs sociaux, individuels et scolaires attribuables à la sous-représentation sont identifiés.

1.1.1 La sous-représentation des étudiantes en physique

À l'échelle du globe, la prédominance masculine en sciences et génie est documentée dans plusieurs dizaines de pays d'Amérique du Nord, d'Europe, d'Asie, d'Océanie et du Moyen-Orient (Shen, 2013; American Association of University Women, 2010; Sévigny et Deschênes, 2007; Sheridan, Brennan, Carnes et Handelsman., 2006; Scott et Mallinckrodt, 2005; Ministère du Développement économique de l'Innovation et de l'exportation, 2004; Powell, Bagihole, Dainty et Neale, 2004; Hersh, 2000). L'étendue de la sous-représentation des étudiantes en sciences et génie est préoccupante au point où de multiples acteurs du milieu académique comme de la sphère économique se mobilisent pour tenter de renverser la tendance:

Selon des données de 2001, les étudiantes représenteraient aux États-Unis moins de 28 % des diplômés des départements de sciences et de génie [...] (Scott et Mallinckrodt, 2005). Le Royaume-Uni présente également un taux de féminité très bas pour les professions scientifiques, sous la barre des 10 %, et un taux encore plus bas pour celles liées au génie (Wynarczyk et Renner, 2006). (...) Ailleurs dans le monde occidental ou même au Japon, le même phénomène de sous-représentation est observé (Sheridan, Brennan, Carnes et Handelsman, 2006). (Myrand, 2008 : 11)

Au Québec, la proportion d'étudiantes en sciences et génie est semblable au reste du monde. En 2005, par exemple, alors que 58 % de la population étudiante universitaire au baccalauréat, toutes disciplines confondues, était constituée de femmes, la proportion d'étudiantes inscrites en sciences et génie était seulement de 13,5 % comparativement à 44,5 % pour les hommes (Sévigny et Deschênes, 2007). Le pourcentage d'étudiantes s'inscrivant à un programme universitaire en sciences et génie au Québec est donc approximativement trois fois plus faible que le pourcentage d'étudiants.

En physique, le taux de féminité chez les nouveaux effectifs étudiants au baccalauréat est le plus faible des sciences pures, oscillant entre 17 et 21 % (voir figure 1.1 et fig.

1.2). À titre comparatif, les baccalauréats en biologie et en microbiologie présentent, pour leur part, les taux de féminité les plus élevés, tous deux supérieurs à 60 % (Sévigny et Deschênes, 2007).



Figure 1.1 Évolution du taux de féminité parmi les nouveaux effectifs étudiants au baccalauréat en sciences pures au Québec de 1999 à 2005.
(Tirée de Sévigny et Deschênes, 2007)

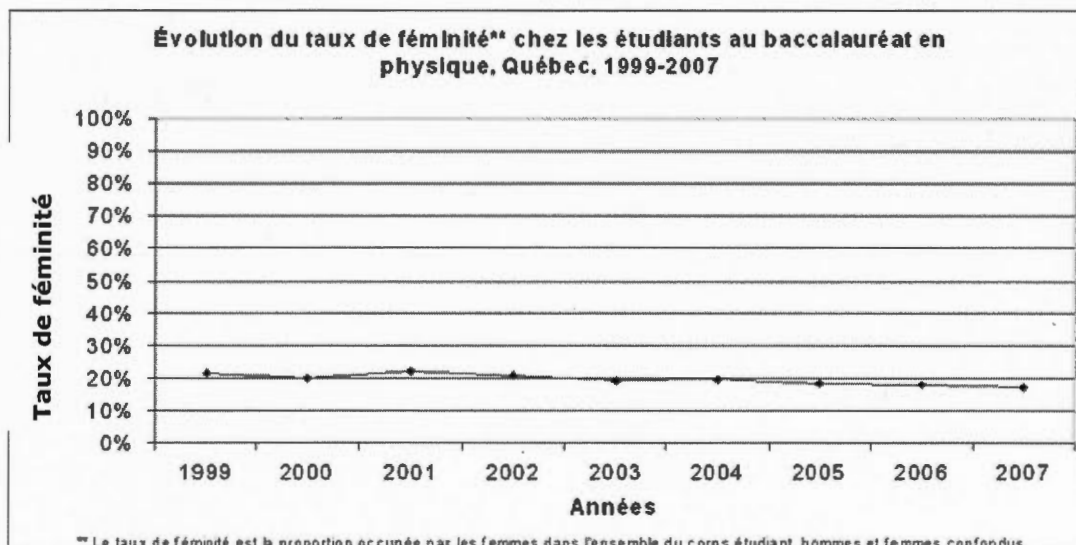


Figure 1.2 Évolution du taux de féminité chez les étudiants du baccalauréat en physique au Québec de 1999-2007. (Tirée de Chaire CRSNG-Industrielle Alliance pour les étudiantes en sciences et génie, 2011)

La représentativité féminine au premier cycle universitaire en physique est donc nettement insuffisante pour assurer la parité des sexes et la situation est tout aussi préoccupante aux cycles supérieurs. En effet, la proportion d'étudiantes titulaires d'un diplôme de doctorat en physique avoisine les 25 % et donc est aussi insuffisante pour assurer la parité homme-femme. La proportion est, en plus, loin derrière la proportion des étudiantes titulaires d'un doctorat dans tous les programmes confondus, qui est de 43 % (voir figure 1.3) (ACUC, 2007).

Pour corriger ce déséquilibre, l'ACUC (2007 : 38) soutient qu'il

(...) pourrait être nécessaire de mettre en œuvre des politiques et des programmes afin d'encourager un nombre accru d'étudiantes à s'inscrire à un programme de doctorat, à obtenir leur diplôme et à poursuivre une carrière universitaire afin que le nombre d'étudiantes et d'hommes soit mieux équilibré. Au troisième cycle, l'écart le plus important entre les sexes s'observe en génie, en physique, en mathématiques et en informatique.

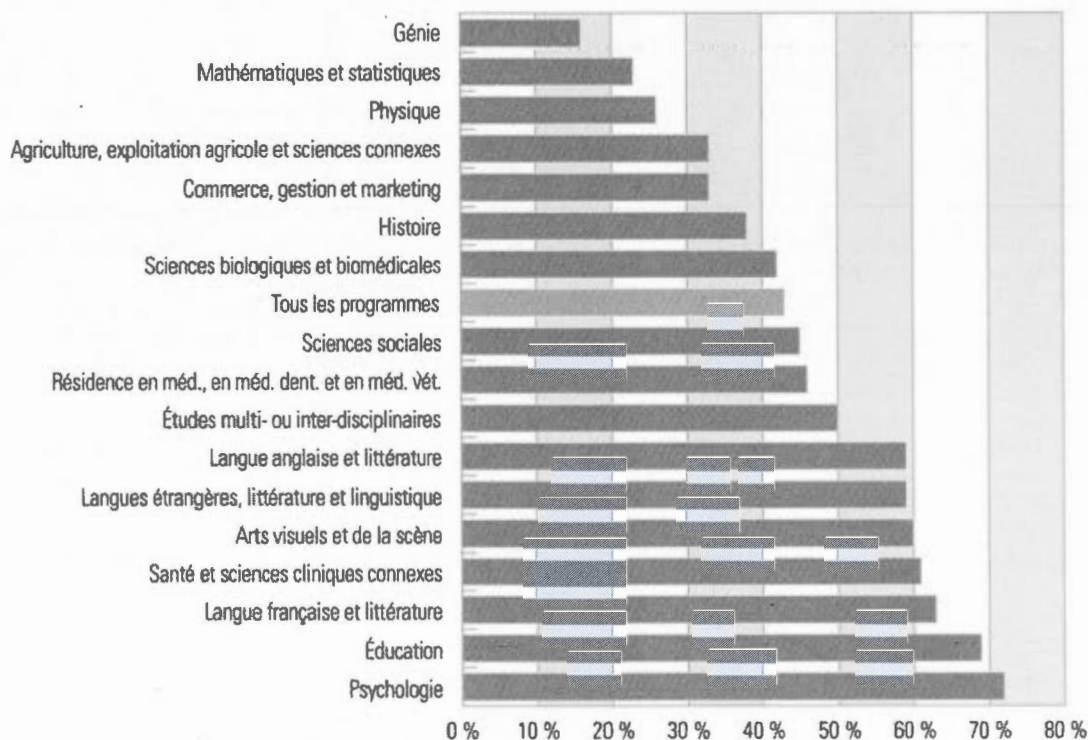


Figure 1.3 La proportion de femmes titulaires d'un doctorat selon le domaine d'étude, proportion moyenne de 2002 à 2004. (Tirée d'ACUC, 2007)

Enfin, au niveau professionnel, les femmes représentent moins de 20 % des professeurs de physique (ACUC, 2007). Conjugée à la faible proportion d'étudiantes diplômées au doctorat, l'inégalité homme-femme dans le corps professoral pourrait contribuer, dans les années à venir, à creuser davantage l'écart entre les sexes en physique.

1.1.2 L'impact social de la sous-représentation féminine en physique

La sous-représentation des étudiantes dans la communauté scientifique est donc indéniable, et ce, particulièrement en physique (ACUC, 2007). Paradoxalement, bien que l'écart ait eu tendance à diminuer dans les dernières années dans plusieurs domaines scientifiques et technologiques, l'inégalité entre les hommes et les femmes,

tant dans la sphère professionnelle qu'académique, ne se résorbe pas en physique (Ivie et Stowe, 2000; Lorenzo *et al.*, 2006). En fait, l'ampleur de la situation est telle que la réduction de l'écart entre les hommes et les femmes est un thème de recherche majeur en enseignement de la physique (Lavonen, Byman, Juuti, Meisalo et Uitto, 2005).

D'abord, dans une perspective de recherche d'égalité, une proportion équitable d'hommes et de femmes dans les programmes d'études en physique, comme dans les autres domaines scientifiques, favoriserait une société plus juste (Lavonen *et al.*, 2005). Suivant le principe d'égalité des chances, la sous-représentation des étudiantes en physique restreint les possibilités de carrières et devient une source de discrimination sachant que des études en physique peuvent mener à des carrières prestigieuses et bien rémunérées (Rees, 2001; Zohar et Bronshtein, 2005; Baram-Tsabari et Yarden, 2008).

Ensuite, suivant un souci d'assurer un développement scientifique diversifié, Harding (1996) souligne que la physique et les sciences de manière plus générale occupent une place croissante dans les sociétés notamment en raison de l'ampleur et de la complexité des problématiques environnementales planétaires. Les débats scientifiques qu'occasionnent ces problématiques requièrent que la science s'ouvre à une diversité de perspectives notamment en intégrant mieux des intérêts ou des valeurs généralement sous représentés. Selon Blickenstaff (2005 : 270) :

(...) scientific and technical endeavors can only be improved by having a greater diversity of perspectives in the search for knowledge and solutions to human problems. As scientists construct understanding of the world, the ability to see questions and answers from many perspectives will help make scientific explanations more robust and complete.

Cette ouverture de la science à des perspectives différentes suppose la prise en compte d'une plus grande diversité de points de vue et en physique plus particulièrement, cette diversification ne peut se réaliser sans prioriser notamment la participation équitable des femmes.

1.1.3 Les facteurs responsables de la sous-représentation des étudiantes en physique

La sous-représentation féminine en physique est donc préoccupante, mais aussi complexe. Elle requiert, pour être comprise, d'être abordée dans une perspective multifactorielle. En effet, de nombreux facteurs souvent interdépendants et de natures diverses exercent une influence sur le choix des femmes de poursuivre ou non des études en physique, par exemple la culture, les stéréotypes liés au genre, les normes relatives aux sciences, l'environnement familial et les modèles scolaires (Myrand, 2008). Réaliser un portrait global des facteurs associés à la sous-représentation et de leurs interactions représenterait un travail considérable. Des auteurs comme Blickenstaff (2005) et Myrand (2008) ont déjà réalisé ce genre d'inventaire et la consultation de leurs travaux permet d'obtenir un portrait complet des facteurs attribuables au phénomène de sous-représentation des femmes physique, mais aussi en sciences et génie. L'intention dans cette recherche n'est pas de réaliser une recension exhaustive des causes de la sous-représentation, mais plutôt de présenter les facteurs les plus pertinents pour le champ des sciences de l'éducation, sans toutefois perdre de vue la complexité du phénomène. Les facteurs sont ici brièvement présentés en s'attardant à trois niveaux d'interaction : le milieu de la communauté scientifique, le milieu individuel de l'étudiant et l'environnement pédagogique.

La faible proportion d'étudiantes en physique est souvent expliquée en invoquant l'image masculine projetée par la culture de la communauté scientifique (Myrand, 2008). Harding (1996) explique comment la dominance masculine en science influencerait négativement le choix des femmes à poursuivre des études ou une

carrière dans le domaine. D'abord, la surreprésentation des hommes notamment dans le corps professoral entraîne une association visuelle récurrente entre la science et la masculinité et cette association renforce l'image masculine du domaine (Weinburgh, 1995). Ensuite, la science comme activité sociale est ancrée dans un modèle patriarcal, ce qui découragerait les étudiantes de s'y intégrer. De plus, l'organisation des cours de sciences reflète presque exclusivement la façon dont les garçons interagissent avec le monde matériel. Enfin, les comportements adoptés dans les classes de sciences, par exemple la compétitivité, facilitent l'apprentissage des garçons au détriment de celui des filles. Somme toute, en physique, la dominance masculine affecte la participation des étudiantes au sens où l'identité culturelle masculine trop largement associée à ce domaine contribue à empêcher les étudiantes de développer un sentiment d'appartenance (Zohar et Bronshtein, 2005).

Il n'existe pas de consensus sur le poids attribuable aux facteurs individuels dans le choix d'étudier la physique, mais les recherches indiquent clairement que leur influence est non négligeable. D'un côté, des études évoquent que la difficulté anticipée de concilier une carrière scientifique avec la famille, l'absence de modèle scientifique féminin dans le milieu immédiat ou un manque de support de l'entourage comme les facteurs les plus importants (Myrand, 2008). Scott et Mallinckrodt (2005) soutiennent quant à eux que, parmi les facteurs de nature personnelle affectant l'orientation des étudiantes en physique, ce sont davantage les préférences ou les perceptions individuelles que les caractéristiques du milieu d'un individu qui sont déterminantes. D'autres recherches avancent que les étudiantes délaissent la physique parce qu'elles entretiennent moins d'ambition par rapport à leur carrière que les étudiants (Staniec, 2004).

Enfin, l'environnement pédagogique en physique est particulièrement reconnu pour nuire à la participation des femmes en physique. Les résultats de Tai et Sadler (2001) suggèrent que les femmes réussissent mieux les cours de physique qui se concentrent

sur l'approfondissement des concepts alors que l'enseignement actuel vise plutôt à maximiser le nombre de concepts abordés. L'approche mathématique utilisée dans les cours de physique postsecondaires désavantage les étudiantes lorsqu'elle est basée sur le calcul différentiel plutôt que sur une approche algébrique. L'approche basée sur le calcul différentiel est majoritairement présente dans le matériel didactique en physique collégiale pourrait donc contribuer à décourager des étudiantes à poursuivre leurs études en physique à l'université. Les étudiantes seraient possiblement plus touchées parce que, selon Zohar et Sela (2003, cités par Venturini, 2004 : 109) :

(...) [En] physique, même lorsqu'elles réussissent des études supérieures brillantes, et contrairement aux garçons, elles font état de leur frustration et de l'aliénation qu'elles ressentent à apprendre par coeur des règles et des algorithmes, à les appliquer mécaniquement et à toute allure à la résolution de problèmes, reprochant à l'enseignement de ne pas permettre une compréhension approfondie .

Ce dernier extrait illustre bien que les filles sont peut-être plus sensibles aux contextes dans lesquels les problèmes de physique sont abordés et qu'elles ressentent, plus que les garçons, le besoin d'approfondir leur compréhension des applications possibles. En résumé, il se dégage de ce bref portrait du contexte socioéducatif de la sous-représentation féminine en physique trois principales conclusions. D'abord, d'un point de vue quantitatif, le déséquilibre marqué entre les hommes et les femmes en physique postsecondaire s'observe dans la plupart de pays industrialisés et ne semble pas s'atténuer contrairement à la plupart des autres domaines scientifiques. Ensuite, l'impact social de cette inégalité préoccupe des chercheurs et des acteurs de plusieurs domaines, autant du point de vue de la recherche d'un équilibre souhaitable entre les sexes que celui de l'avenir du développement scientifique de nos sociétés. Enfin, bien que plusieurs facteurs puissent contribuer à expliquer la prédominance masculine en physique, il semble que ceux liés à l'environnement pédagogique puissent jouer un rôle important pour expliquer le faible intérêt des étudiantes dans ce

domaine. Dans la section qui suit, cette problématique du faible intérêt des femmes à l'égard de la physique est approfondie.

1.2 Problématique scientifique

Plusieurs études rapportent de façon consensuelle que les étudiantes démontrent un intérêt significativement moins marqué que les étudiants à l'égard du domaine scientifique (en Écosse, Stark et Gray, 1999; en Australie, Dawson, 2000; aux États-Unis, Jones, Howe et Rua., 2000; en Angleterre, Murphy et Whitelegg, 2006; en Allemagne, Hoffmann, 2002; et dans des études internationales, Lavonen *et al.*, 2005).

Dans cette section, il sera d'abord question de l'importance, pour maximiser les apprentissages, de développer l'intérêt des étudiantes à l'égard de la physique. Par la suite, les éléments de l'environnement pédagogique en physique responsables du faible intérêt sont discutés et le choix d'aborder le problème du point de vue de l'engagement émotionnel suscité par l'enseignement de la physique est justifié.

1.2.1 L'importance de développer l'intérêt à l'égard de la physique

L'apprentissage des sciences fut considéré comme un processus essentiellement rationnel jusque dans les années quatre-vingt (Lin, Hong et Huang, 2011). Traditionnellement donc, les recherches en éducation scientifiques se sont intéressées surtout à la façon dont les étudiants comprennent les concepts scientifiques. Aujourd'hui, les chercheurs reconnaissent de plus en plus que l'apprentissage rationnel est interdépendant de l'état émotionnel d'un individu (Damasio, 1994; Strike et Posner, 1992). Ainsi des recherches, bien que moins nombreuses, visent aussi à comprendre les facteurs qui influencent des variables affectives dans l'apprentissage des sciences, à savoir l'attitude, l'intérêt, l'estime de soi, les sentiments ou les émotions (Gardner, 1975; Osborne, Simon et Collins, 2003; Schreiner et Sjoberg, 2004; Tuan, Chin-Chin et Shieh, 2005).

À l'origine de cet intérêt pour les variables affectives en enseignement des sciences se trouvent des travaux en psychologie et en neurologie comme ceux de Damasio (1994) et d'Izard (1984) qui ont permis de mettre en lumière le rôle de l'affectivité dans la réalisation de tâches cognitives (Jacques et Viccari, 2005). En effet, la découverte du lien entre certaines structures nerveuses associées aux réactions émotionnelles, en particulier l'amygdale, et le néocortex frontal, une zone d'où émergerait le raisonnement (Bear, Connors et Paradiso, 2010) confirme l'implication des émotions pour la pensée rationnelle (Goleman, 1995).

C'est ainsi qu'au début des années quatre-vingt-dix, suivant les travaux de certains psychologues et neuroscientifiques, des pédagogues comme Piaget (1989) ou Vygotsky (1994) se sont intéressés à la façon dont les émotions affectent l'apprentissage (p. ex. Piaget, 1989; Vygotsky, 1994). Piaget (1989 : 78) écrit qu'il

(...) n'y a pas de mécanisme cognitif sans éléments affectifs: Dans les formes les plus abstraites de l'intelligence, les facteurs affectifs interviennent toujours. Quand un élève résout un problème d'algèbre, quand un mathématicien découvre un théorème, il y a au départ un intérêt, intrinsèque ou extrinsèque, un besoin (...)

LeDoux (1996) ajoute que les émotions provoqueraient une mobilisation et une synchronisation de l'activité cérébrale bien différente de celle engendrée par des pensées dépourvues de connotation affective. Ceci s'expliquerait d'abord parce que les réponses émotionnelles impliquent davantage de mécanismes cérébraux, mais aussi parce que les stimuli qui parviennent à un individu sont d'abord évalués émotionnellement et que conséquemment, le traitement émotionnel circonscrit le traitement cognitif subséquent.

Il devient donc difficile pour les recherches en éducation scientifique d'ignorer la prépondérance des émotions dans les processus d'apprentissage tel que démontré par les neuroscientifiques et neuropsychologues (Patten, 2011). L'une des avenues prometteuses pour considérer le rôle des émotions en éducation serait de

(...) découvrir ce qui motive le cerveau. Si on essaie d'interpréter ce qui se passe quand le cerveau est enthousiaste, on observe des influences internes et externes. Il est nécessaire de réussir à donner un sens à l'apprentissage, et de savoir faire naître l'envie d'apprendre. Dans ce domaine, des recherches précises pourraient être directement utiles à l'éducation. (Organisation de coopération et de développement économiques [OCDE], 2007 : 78)

Ainsi, il est déjà reconnu en éducation que les aptitudes affectives et cognitives des étudiants interagissent pour produire les apprentissages. Or, bien que l'on sache que l'intérêt soit une condition essentielle à l'apprentissage (Hidi et Harackiewicz, 2000), souvent les enseignants n'ont pas une compréhension claire de leur rôle dans le développement de l'intérêt des étudiants à l'égard de leur discipline (Lipstein et Renninger, 2006). Pourtant, c'est justement l'intérêt, ce désir de s'engager dans un apprentissage ou de résoudre des problèmes qu'il est crucial de développer chez les étudiants si l'on souhaite que tous soient égaux face à l'apprentissage (*ibid*). En physique, le développement de l'intérêt des étudiantes devrait d'autant plus être une priorité que les résultats de recherche sur plusieurs années démontrent que l'intérêt est un bon prédicteur du choix des études universitaires chez les collégiens (Murphy et Whitelegg, 2006). De plus, en tenant compte aussi d'autres facteurs externes, l'intérêt contribue à prédire la réussite académique (Harackiewicz, Barron, Tauer et Elliot., 2002). Hoffmann (2002 : 449) résume d'ailleurs bien pourquoi en physique, l'intérêt s'avère un enjeu prioritaire particulièrement pour les femmes.

We assume that the interestingness of the learning environment — here physics instruction — is of special importance for students with a low and not yet stable interest in physics, as well as for stimulating the development of interest in this field. (...) As girls have less pre- and out-of-school experience with physics, the interestingness of physics instruction seems to be more important for girls' interest development than for boys'.

En somme, comme l'intérêt soutient l'apprentissage (p. ex. Krapp, 1996), il est important de déterminer comment la physique peut stimuler l'intérêt à la fois des étudiants et des étudiantes en créant des conditions d'apprentissage qui développent l'intérêt, mais aussi qui en assurent le maintien à long terme (Hoffmann, 2002).

1.2.2 Le faible intérêt des femmes pour la physique et ses contextes

La plupart des études quantifient l'intérêt à l'égard des sciences et de la physique en relatant l'absence, la présence ou le niveau d'intensité de l'intérêt des étudiants en lien avec leur âge, leur sexe ou leur milieu socioéconomique (Häussler, Hoffmann, Langeheine, Rost et Sievers, 1998). C'est dans cette perspective que le faible intérêt des femmes à l'égard de la physique a généralement été constaté (p. ex. Trumper, 2006; Zohar et Sela, 2003; Reid et Skyabina, 2003; Warrington and Younger, 2000; Tamir, 1989). Or, la seule mesure du niveau d'intérêt à l'égard de la physique néglige tout l'aspect qualitatif de celui-ci. Quelques études ont tout de même exploré cette facette de l'intérêt en cherchant à identifier les disparités entre les étudiants et les étudiantes qui relèvent davantage des différentes interventions pédagogiques en physique (p. ex. Walberg, 1967; Duit, Häussler, Lauterbach, Mikelskis et Westphal, 1992; Hoffmann, 2002; Häussler et Hoffmann, 2002; Osborne et Collins, 2000; Labudde, Herzg, Neuenschwander, Violi et Gerber, 2000).

C'est donc pour dépasser le simple constat du faible intérêt des femmes à l'égard de la physique qu'Häussler *et al.* (1998) ont publié une influente typologie de l'intérêt des étudiants en physique qui repose notamment sur les préférences relatives aux différents thèmes abordés en physique. En se basant sur des données recueillies auprès de plus de 8 000 étudiants, les chercheurs identifient trois principaux types d'apprenants en physique. Le premier type (environ 25 % des étudiants) s'apparente à un étudiant qui est intéressé à tout ce qui touche la physique, le deuxième type (environ 50 % des étudiants) d'étudiant est principalement intéressé aux applications pratiques de la physique et à son utilité pour l'être humain, enfin, le troisième type

(environ 25 % des étudiants) apprécie la physique lorsqu'elle permet d'expliquer des phénomènes naturels et s'intéresse aux implications sociales aux applications controversées de la science. Les résultats indiquent que la probabilité qu'une étudiante appartienne au troisième type et dans une moindre mesure, au deuxième type est très grande et que les étudiantes sont minoritaires dans le premier type.

En jumelant la typologie précédente des trois types d'étudiants aux cinq domaines d'intérêts en physique proposés par Hoffmann et Häussler (1995), soit : (1) la physique comme entreprise scientifique, (2) l'analyse d'objets techniques, (3) la fabrication d'objets techniques, (4) les phénomènes naturels et la l'utilité de la physique pour l'être humain et (5) l'impact social de la physique, Häussler *et al.* (1998) arrivent notamment à conclure que:

- le domaine (1), la physique en tant qu'entreprise scientifique, est largement majoritaire dans l'enseignement.
- l'intérêt des étudiants appartenant aux deuxième et troisième type est très faiblement stimulé par le domaine (1).
- comme les étudiantes sont fortement majoritaires dans les deuxième et troisième types, elles développent généralement un faible intérêt pour la physique.

Ainsi, la physique telle qu'elle est surtout enseignée, dans un contexte purement scientifique, serait en partie responsable du déclin de l'intérêt à l'égard de la physique, et ce, particulièrement chez les étudiantes. Cette conclusion est appuyée par Osborne, Driver et Simon (1998) et Osborne *et al.* (2003) cités par Venturini, 2004 : 106) qui insistent sur l'importance du contexte dans lequel les contenus sont enseignés :

Une des origines de l'insatisfaction (...) réside probablement dans la différence entre la perception par les élèves de l'importance des sciences dans la société et la nature des sciences proposées en classe, souvent théoriques et décontextualisées, entre la science attendue par les élèves et celle qui est enseignée.

Cette ligne de pensée suggère qu'on pourrait favoriser l'intérêt des étudiantes pour la physique en utilisant des contextes plus variés et plus appropriés. Whitelegg et Parry (1999 : 69) proposent d'intervenir en ce sens :

Science, and physics in particular, is traditionally presented as a subject of laws and formulae where there is no place for debate or discussion—it is not about people and their lives, other than perhaps historical figures, who are mainly male. However, nothing could be further from the truth; physics is all around us, and an understanding of physics explains how the world works. But it is not usually taught to students in this way. We would suggest, therefore, that a spectrum of approaches using context-based learning exists, using illustrative applications at one end of the spectrum and scenarios involving the students at the other. (...)

Enfin, puisque selon la typologie d'Häussler *et al.* (1998), les étudiantes s'intéressent particulièrement aux applications pratiques et à l'utilité de la physique pour l'humain ainsi qu'aux phénomènes naturels et aux implications sociales de cette science, il est raisonnable de vouloir considérer plus souvent ces contextes qui leur conviennent mieux. On en arrive ainsi à la conclusion que l'une des avenues pour améliorer la participation et l'intérêt des étudiantes serait de faire en sorte que l'enseignement de la physique délaisse quelque peu les contextes qui présentent la physique surtout comme une entreprise scientifique et propose plus d'expériences d'approfondissement et de réflexions sur les applications pratiques, humaines et sociales de la physique.

1.2.3 Le lien entre les contextes et l'engagement émotionnel

Tel que vu à la section précédente, les aspects de la physique qui intéressent à priori les étudiantes sont peu abordés en physique et conséquemment il serait plus difficile

pour les femmes de développer un intérêt à l'égard de la discipline. On peut donc penser que le format des cours de physique représente un obstacle à l'engagement des étudiantes. Les cours traitent les concepts de manière isolée, dans une perspective purement scientifique, sans référer à leur place dans une société humaine (Nair et Majetich, 1995). Or, une recherche d'envergure menée par Hoffmann (2002) démontre que moins de 20 % de la variance de l'intérêt suscité par l'étude de la physique est attribuable au contenu alors que les 80 % résiduels sont expliqués par le contexte dans lequel les concepts sont présentés et le type d'activité proposé aux étudiants. Les étudiantes seraient particulièrement plus sensibles que leurs collègues masculins au type de contexte utilisé et elles auraient besoin, pour mieux apprendre, que les concepts soient présentés dans des contextes plus variés. Elles sont, par exemple, peu intéressées à comprendre comment pomper du pétrole mais en revanche très intéressées par le pompage du sang dans un coeur artificiel. Venturini (2004 : 106) résume les principaux constats sur l'intérêt des élèves à l'égard de différents thèmes en physique:

Le cas de la physique semble édifiant à ce sujet. Ainsi, 66 % des élèves de 15 ans interrogés en France par Boyer et Tiberghien (1989) pensent que le plus important est d'acquérir dans les cours de sciences physiques des connaissances pour comprendre l'environnement scientifique et technique. Dans l'étude menée en Allemagne par Haussler *et al.* (1998), seulement 22 % des élèves interrogés (entre 12 à 16 ans) sont intéressés par l'étude de la physique pour elle-même, alors que les autres affirment qu'ils seraient concernés par des entrées techniques, sociales ou humaines. Aussi un grand nombre d'élèves souhaitent voir développer dans le curriculum des contenus disciplinaires en relation avec leur vie quotidienne, et c'est pour eux un critère important pour juger de l'intérêt des cours (Stokking, 2000).

En physique mécanique par exemple, les cours proposent rarement l'étude de phénomènes mis en contexte (Murphy et Whitelegg, 2006) et lorsque les problèmes sont contextualisés, les thèmes utilisés réfèrent généralement à des sports à

prédominance masculine, à l'armement ou aux moteurs en ignorant les expériences plus souvent vécues par les étudiantes (Myrand, 2008 : 23).

(...) [Une] utilisation presque exclusive des expériences masculines pour illustrer des concepts scientifiques où les moteurs, les ballons de football et autres archétypes masculins sont mis de l'avant dans les volumes (Holmes *et al.*, 2003, Srivastava, 1996) cités dans Powell *et al.* (2004). En marginalisant l'expérience que peuvent avoir les jeunes filles, ou en ne reflétant pas leur contexte ou leurs préoccupations, cela contribue à renforcer indirectement l'image selon laquelle le milieu scientifique est un domaine réservé aux hommes.

En contrepartie, l'enseignement contextualisé de la physique serait une mesure encourageante pour les étudiants notamment parce que l'histoire intellectuelle, sociale et politique de la physique non seulement suscite l'intérêt, mais peut contribuer à développer le sentiment d'appartenance des étudiants (Nair et Majetich, 1995). Selon Duit *et al.* (1992), l'enseignement de la physique doit chercher à aviver les émotions des étudiants puisque les émotions stimulent l'intérêt. L'utilisation de certains contextes serait susceptible d'arriver à engendrer ces émotions engageantes:

Physics that arouses emotions in general stimulates interest. [and] Girls' feelings appear to be stimulated especially by natural phenomena. They are not as much as boys [for example] interested in « stunning » technical devices or developments. (ibid. : 109).

Ce sont donc les cours de physique qui favorisent une forme d'engagement émotionnel plus marqué qui réussiraient à stimuler l'intérêt (Duit *et al.*, 1992; Hoffmann, 2002).

1.2.4 Une perspective psychophysiological à l'étude de l'intérêt

La présence insuffisante de contextes liés au rôle de la physique pour l'être humain ou à l'utilité sociale de la physique est donc préoccupante en ce sens qu'elle compromet le développement de l'intérêt des étudiantes pour une discipline où la faible participation féminine est particulièrement inquiétante.

Jusqu'à ce jour, les études ont mesuré l'intérêt en utilisant des données rapportées par les étudiants ou des observations des chercheurs, donc les résultats concernent surtout l'intérêt subjectif, c'est-à-dire tel qu'il est porté à la conscience et tel que l'individu veut bien le déclarer. Selon Hidi et Renninger (2006), stimuler et entretenir l'intérêt supposent une première phase essentielle qui s'accompagne d'un changement soudain dans les processus affectifs et cognitifs (Hidi et Baird, 1986, 1988; Mitchell, 1993). Les stimulus engageant des émotions amorcent donc mieux le développement de l'intérêt pour la physique. Actuellement, aucune recherche n'a encore publié des résultats portant sur l'intérêt des étudiants réalisant des tâches de physique contextualisées en temps réel. Ainsi, on ne sait toujours pas si des tâches judicieusement contextualisées entraînent une manifestation psychophysologique de l'intérêt significativement plus marquée chez les étudiantes. De manière générale on ne peut donc pas affirmer assurément que la contextualisation de la physique a le potentiel de générer ce changement soudain dans les processus affectifs et cognitifs qui indique un déclenchement de l'intérêt. Des résultats de recherche allant en ce sens pourraient ajouter de nouvelles données justifiant la pertinence des interventions pédagogiques visant à diversifier les contextes utilisés dans les cours de physique.

Or, depuis quelques années, on assiste à une utilisation de plus en plus fréquente de méthodologies de recherche qui permettent de collecter des données psychophysologiques. Ces outils permettent de disposer de données sur l'état psychologique obtenues directement, sans déclaration du participant et en temps réel. Ces mesures s'avèrent donc intéressantes pour étudier des états psychologiques, comme les émotions, de manière plus objective. Dans un récent rapport de l'OCDE on stipule d'ailleurs que :

La neuroscience fournit des éléments précis quant à savoir comment et pourquoi les êtres humains (ou les cerveaux humains) répondent à différents processus et environnements d'apprentissage. De tels éléments sont d'une importance fondamentale lorsque l'on considère que bien des politiques et pratiques éducatives à ce jour reposent sur des informations limitées ou lacunaires (...) (OCDE, 2007 : 24)

Par des mesures psychophysiologiques, il est possible d'observer comment des étudiants réagissent face des changements de l'environnement d'apprentissage et ainsi observer d'un point de vue neuroscientifique, comme le propose l'OCDE (2007), comment l'environnement pédagogique peut favoriser le développement de l'intérêt.

1.3 Objectif de recherche

Au Québec et au Canada comme ailleurs dans le monde, la sous-représentation des étudiantes en sciences et génie et particulièrement en physique est préoccupante (ACUC, 2007; Sévigny et Deschênes, 2007). Le faible intérêt des étudiantes à l'égard de la physique est souvent évoqué comme responsable de la sous-représentation. Parmi les facteurs scolaires que l'on attribue au faible intérêt des étudiantes, le choix des contextes des tâches scolaires attire l'attention de plusieurs chercheurs (Häussler et Hoffmann, 2002; Murphy et Whitelegg, 2006). Les concepts de physique sont, en effet, généralement présenté sans faire référence par exemple à leur implication pour l'être humain ou leur utilité sociale, des thèmes pourtant reconnus pour intéresser les étudiantes. Comme un engagement émotionnel est nécessaire au développement de l'intérêt pour une discipline (Hidi et Renninger, 2006), des chercheurs en appellent à identifier et valider des approches pédagogiques en physique qui avivent les émotions des étudiantes (Duit *et al.*, 1992)

En somme, il semble donc pertinent de mener une recherche visant à valider que certains contextes suscitent effectivement un intérêt plus marqué chez les étudiantes. L'objectif général de cette recherche consiste donc à comparer, par une mesure

psychophysiologique, l'intérêt suscité par des problèmes de physique associés à différents contextes.

1.4 Pertinence et retombées attendues

Cette recherche propose de mesurer à l'aide de nouvelles données l'impact de l'utilisation de contextes humains sur l'engagement émotionnel des étudiantes en physique. Plusieurs auteurs insistent sur la nécessité de mener des recherches sur les approches pédagogiques qui améliorent l'intérêt des étudiants envers les sciences et plus particulièrement pour les étudiantes (Trumper, 2006; Weinburgh, 1995).

Or, il est maintenant important d'orienter les efforts et les ressources vers des actions concrètes susceptibles de créer un changement. Il est impératif de faire en sorte de briser le cercle vicieux qui entoure la présence des étudiantes dans le secteur des sciences et génie et cela ne peut se faire dans l'inertie. (Myrand, 2008 : 89-90)

La recherche permet en effet de mieux comprendre l'impact de l'utilisation d'une intervention pédagogique en physique, la contextualisation, pour laquelle, selon Taasoobshirazi et Carr (2008), les données sont jusqu'à présent insuffisantes pour émettre des recommandations claires à adresser aux milieux scolaires. Identifier des stratégies qui stimulent et engagent les étudiants en physique s'avère donc une piste de recherche intéressante sachant que les étudiantes se désintéressent du domaine jugeant généralement que la physique, telle qu'elle qu'enseignée traditionnellement, est ennuyeuse, démotivante et peu engageante (Murphy et Whitelegg, 2006). L'intention étant, à plus long terme, de favoriser un meilleur développement de l'intérêt des étudiantes à l'égard de la physique. Il existe en effet à ce jour peu d'exemples documentés de réformes de l'enseignement de la physique destinées à résorber la sous-représentation féminine ou à améliorer (Murphy et Whitelegg, 2006) bien que le recrutement et la rétention des étudiants dans ce domaine représente depuis quelques décennies un objectif prioritaire de nombreux systèmes éducatifs (Russell et Black, 1988; Barinaga, 1994; Central Statistics Office, 1992; Commitee

on Women in Science Engineering and Technology, 1994; Ivie, Czujko et Stowe, 2001; OCDE, 1986). À long terme, l'intention est d'accroître l'intérêt des étudiantes à l'égard de la discipline pour éventuellement favoriser leur représentativité dans ce domaine. Enfin, l'utilisation d'une mesure psychophysique de l'engagement émotionnel permet de valider par des données inédites les résultats de recherches proposant que les étudiantes démontrent un intérêt plus marqué à l'égard de concepts de physique contextualisés à partir de certains thèmes.

CHAPITRE II

CADRE THÉORIQUE

Dans ce deuxième chapitre, le concept d'intérêt et son modèle de développement sont présentés et mis en lien avec l'engagement émotionnel et la perspective psychophysiological utilisée pour l'aborder. De plus, des théories et des résultats provenant d'études antérieures sur l'intérêt à l'égard de la physique et l'impact de la contextualisation sur le développement de l'intérêt à l'égard de la discipline sont décrits et discutés.

2.1 Le développement de l'intérêt

Dans la prochaine section, il sera question de définir le concept d'intérêt ainsi que le modèle du développement de l'intérêt duquel s'inspire la recherche.

2.1.1 Le concept d'intérêt

Selon Hidi et Renninger (2006), l'intérêt entendu comme une variable motivationnelle réfère à un état psychologique d'engagement ou de prédisposition à se réengager dans un certain type de tâches, d'évènements ou d'idées nommés objets d'intérêts. L'intérêt comprend à la fois des composantes affectives et des composantes cognitives considérées comme des systèmes en interaction (voir p. ex. Hidi, Renninger et Krapp, 2004), une perspective appuyée par les recherches en neurosciences (voir p. ex. LeDoux, 2000). De manière générale, les composantes affectives de l'intérêt comprennent l'expression d'émotions positives qui accompagnent l'engagement alors que l'aspect cognitif se compose des perceptions et

des représentations de cet engagement et tous deux possèdent des racines neurobiologiques (Hidi, 2003). Le système motivationnel humain serait en effet enraciné dans les circuits cérébraux affectifs (Panksepp, 2003), faisant de l'intérêt un état résultant d'une interaction où une personne est engagée physiquement, cognitivement et symboliquement avec l'objet de son intérêt. Quoique chaque individu ait le potentiel pour développer son intérêt, l'objet et l'environnement définissent en grande partie le sens de cet intérêt et la portée de son développement. Dans le contexte plus précis de l'enseignement de la physique, l'intérêt est considéré comme un état psychologique reflétant une relation entre un étudiant les phénomènes du monde matériel ainsi que leur enseignement (Hoffmann, 2002). La relation est définie notamment par la connaissance que l'étudiant possède du champ, sa confiance en lui, sa compétence et sa capacité d'engagement (Renninger, 1992).

Dans les recherches en éducation, deux types d'intérêt sont généralement considérés, l'intérêt situationnel et l'intérêt individuel (Hidi et Renninger, 2006). L'intérêt situationnel est déclenché par un événement qui survient dans l'environnement et qui attire l'attention, lequel peut durer ou non dans le temps (Hidi, 1990; Hidi et Baird, 1986) et il est invariablement motivant, comme un tutoriel informatisé peut momentanément intéresser un élève aux mathématiques (Renninger *et al.*, 2004). L'intérêt individuel, quant à lui, réfère à une prédisposition plus durable à se réengager dans une tâche (p. ex. Renninger, 2000).

2.1.2 Un modèle développement de l'intérêt en quatre phases

Afin d'intégrer les deux types d'intérêt et leurs dynamiques respectives, un modèle du développement de l'intérêt en quatre phases a été élaboré et validé par Hidi et Renninger (2006). Alors que l'intérêt situationnel implique un événement déclencheur suivi d'une étape où l'intérêt est maintenu (p. ex. Bergin, 1999), l'intérêt individuel, quant à lui, suppose une émergence de l'intérêt et ensuite un intérêt développé (Renninger, 2000). Ainsi les quatre phases du développement de l'intérêt

intègrent les deux phases situationnelles et les deux phases individuelles, et l'intérêt situationnel est considéré comme une assise nécessaire à l'émergence d'un intérêt individuel.

Dans le Tableau 2.1, le développement de l'intérêt selon le modèle de Hidi et Renninger (2006) est résumé et présente les caractéristiques de l'apprenant pour chacune des quatre phases distinctes et séquentielles. Le modèle représente une progression et une accumulation pourvu que l'intérêt soit soutenu et entretenu notamment par des efforts de l'enseignant, des défis ou des opportunités que l'apprenant associe à la tâche. Sans soutien externe, toutes les phases de développement peuvent devenir latentes, régresser ou même disparaître (p. ex. Renninger, 2000). En amorce au développement de l'intérêt se trouve la première phase, le déclenchement de l'intérêt situationnel (première phase). Cette première phase peut mener à un intérêt situationnel maintenu (deuxième phase) et celui-ci peut ensuite se développer en intérêt individuel (troisième phase) et éventuellement un intérêt individuel développé (quatrième phase). Chacune des quatre phases se caractérise par différentes manifestations affectives, cognitives et interprétatives.

Dans cette recherche, c'est l'effet de différents contextes sur le déclenchement de l'intérêt situationnel qui est mesuré. Comme cette première phase du développement de l'intérêt suppose des variations soudaines dans les processus affectifs, c'est par une mesure de l'engagement émotionnel suscité que sont comparés les contextes. Le concept d'engagement émotionnel est d'ailleurs précisé à la section 2.2.

Tableau 2.1 Quatre phases du modèle du développement de l'intérêt (Hidi et Renninger, 2006)

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4
Phases du développement de l'intérêt	Déclenchement de l'intérêt situationnel	Maintien de l'intérêt situationnel	Émergence de l'intérêt individuel	Intérêt individuel développé
Définition	État psychologique résultant d'une variation soudaine des processus cognitifs et affectifs	État psychologique supposant une attention soutenue sur une période de temps donnée	État psychologique et amorcé d'une prédisposition soutenue à s'engager dans un certain type de tâche	État psychologique et prédisposition soutenue à s'engager dans un certain type de tâche
Caractéristiques de l'apprenant	<ul style="list-style-type: none"> - Porte attention à la tâche - Nécessite souvent du support externe - Peut ressentir des émotions positives ou négatives - N'est pas nécessairement conscient de l'expérience qu'il vit 	<ul style="list-style-type: none"> - S'engage dans la tâche - Est soutenu par les autres pour faire des liens entre ses habiletés, connaissances et expériences - Ressent des émotions positives - Comprend la tâche et lui attribue une valeur 	<ul style="list-style-type: none"> - Est prédisposé à s'engager par lui-même dans la tâche - Se pose des questions et cherche des réponses - Ressent des émotions positives et reconnaît la valeur de la tâche - Accumule des connaissances 	<ul style="list-style-type: none"> - S'engage lui-même dans la tâche - Se pose des questions et s'autorégule pour chercher des réponses - Ressent des émotions positives - Persévère et reconnaît la l'apport des autres au domaine

Selon Hidi et Renninger (2006), il existe des approches théoriques alternatives au modèle de développement de l'intérêt en quatre phases. Les approches les plus cohérentes sont le modèle des domaines d'apprentissage (Alexander, 1997 ; 2004), la

théorie de l'intérêt personne-objet (p. ex. Krapp, 2002) et la psychologie des caprices constructifs (Silvia, 2001). Hidi et Renninger (2006) se sont d'ailleurs inspirées des modèles préexistants, mais leur approche considère que le développement de l'intérêt réside dans l'interaction entre l'individu et son environnement plutôt que seulement en l'individu et cette prémisse est fondamentale pour une recherche sur l'impact du contexte sur l'engagement émotionnel. La perspective interactive du modèle de développement de l'intérêt permet en effet d'entrevoir de moduler les conditions qui supportent le développement de l'intérêt et d'identifier celles qui sont efficaces. Le rôle de l'enseignement et de l'apprentissage est bien sûr complètement différent lorsque l'intérêt est considéré comme interactif plutôt qu'individuel.

2.1.3 L'intérêt à l'égard de la physique

En s'inspirant du concept d'intérêt développé par Hidi et Renninger, Häussler et Hoffmann (2002) associent l'intérêt général à l'égard de la physique (phénomènes du monde matériel) à l'intérêt individuel, c'est-à-dire une disposition à s'engager dans diverses activités liées à la physique. L'intérêt à l'égard de la physique comme discipline scolaire (ou à l'égard de l'étude de la physique), quant à lui, est plus un intérêt situationnel (Hidi et Baird, 1986) temporaire à l'égard d'un thème en physique et il serait causé par l'enseignement et le climat social de la classe. Ainsi, l'intérêt à l'égard de l'étude de la physique est dépendant de conditions pédagogiques comme le type d'activité proposé aux étudiants, les relations entre les étudiants et avec l'enseignant ou encore le contexte dans lequel un concept de physique est présenté. La combinaison de facteurs qui favorisent l'intérêt à l'égard de l'étude de la physique peut varier d'un étudiant à l'autre ou d'un groupe d'étudiants à l'autre. En fait, selon les conditions pédagogiques mises en place, l'intérêt à l'égard de l'étude de la physique peut être faible ou élevé, peu importe si l'étudiant possède un intérêt général développé ou non à l'égard de la physique (Hoffmann, 2002).

De manière plus précise, Hoffmann (2002) considère qu'en physique, un objet d'intérêt est déterminé non seulement par le contenu, mais aussi par le contexte qu'on lui associe et le type d'activité l'impliquant. Conséquemment, le déclenchement de l'intérêt situationnel en physique est perçu comme un concept à trois dimensions comme le propose par exemple Gardner (1985). Ces trois dimensions sont l'intérêt à l'égard d'un sujet (p. ex. l'optique), l'intérêt à l'égard d'un contexte dans lequel le sujet est présenté (p. ex. la photographie) et l'intérêt à l'égard d'un type d'activité d'apprentissage (ex. fabriquer une caméra). Dans cette étude, c'est l'intérêt à l'égard d'un contexte dans lequel un sujet est présenté qui est mesuré et comparé pour différents contextes.

2.2 Perspective psychophysologique du déclenchement de l'intérêt

Dans la section précédente, le concept d'intérêt, son modèle de développement ainsi que le sens qu'il prend en enseignement de la physique ont été présentés. Dans cette section, il est question plus précisément de la perspective psychophysologique permettant l'étude du déclenchement de l'intérêt situationnel de manière directe et en temps réel. La pertinence d'utiliser l'engagement émotionnel comme mesure du déclenchement de l'intérêt situationnel pour l'étude de la physique y est aussi justifiée.

2.2.1 Le concept d'engagement émotionnel

S'appuyant sur les travaux d'Ainley, Corrigan et Richardson (2006) et de Panksepp (1998) sur les fondement neuroscientifiques des émotions, Hidi et Renninger (2006) soutiennent que les phases préliminaires du développement de l'intérêt sont engendrées par l'affectivité et que le traitement affectif détermine la perception et la représentation menant au traitement cognitif d'une tâche. En fait, « *psychological and neuroscientific data underscore the importance of positive affect for interest to develop* [p. ex. Panksepp, 1998] (Hidi et Renninger, 2006 : 121). La réaction

émotionnelle influence notamment la sélection de l'information à traiter (Pekrun, Goetz, Titz et Perry, 2002) et elle contribue à guider l'apprentissage des étudiants en orientant leurs actions vers des expériences jugées plus attrayantes (Hinton, Miyamoto et Della-Chiesa, 2008). Le déclenchement de l'intérêt situationnel est une phase qui bénéficie généralement d'un appui externe (Bloom, 1985; Sloboda, 1990; Sosniak, 1990), et donc, cette phase est déclenchée par l'environnement pédagogique. En d'autres mots, l'appui externe influence la propension d'un individu à s'engager dans l'étude approfondie d'un sujet (Renninger et Hidi, 2002; Renninger, Sansone et Smith, 2004).

Une façon de déterminer le traitement affectif qu'un individu fait d'une tâche est de mesurer son engagement émotionnel. L'engagement émotionnel est un état psychologique qui repose sur un stimulus et se termine avec la fin de celui-ci. Il reflète la configuration de la réactivité de l'organisme qui est ressentie instantanément (Rivière et Godet, 2003). Le concept d'engagement émotionnel correspond à ce que Bradley, Codispoti, Cuthbert et Lang (2001 : 276, traduction libre) nomment en anglais l'*emotional meaning*.

Les techniques d'analyse multivariée démontrent, par des résultats fiables et répétés, que la variance de l'*emotional meaning* s'explique par deux facteurs prédominants : le plaisir [valence] et l'*arousal* (Mehrabian et Russell, 1974; Osgood, Suci et Tannenbaum, 1957; Smith et Ellsworth, 1985). Ainsi, le jugement entre une émotion plus plaisante ou plus déplaisante indique le type de système motivationnel activé (appétitif ou aversif) et le jugement sur l'*arousal* indique l'intensité de l'éveil motivationnel.

L'engagement émotionnel comprend donc deux variables, (1) la valence, soit l'appréciation d'une expérience de négative à positive et (2) l'*arousal*, soit l'intensité de l'appréciation d'une expérience. Précédemment, Lang, Greenwald, Bradley et Hamm (1993) avaient déjà défini l'émotion par une approche à deux dimensions comme le propose la définition de l'engagement émotionnel. En effet, leur définition

s'inspire des travaux de Hebb (1949) sur les systèmes motivationnels aversif et appétitif qui peuvent déterminer la direction et la vigueur des réponses émotionnelles. L'apport de Lang *et al.* (1993) fut de proposer la quantification des variables, soit une valence de positive à négative et l'*arousal*, de peu intense à très intense.

La première variable de l'engagement émotionnel, la valence, est utilisée dans cette recherche au même sens que Bradley *et al.* (2001) et Lang *et al.* (1993), soit comme la démonstration subjective de l'appréciation d'une expérience reflétant le type de motivation instinctivement¹ activé, la motivation appétitive (positive) ou la motivation aversive (négative). Le concept d'*arousal*, deuxième variable de l'engagement émotionnel, est quant à lui entendu comme un changement physiologique mesurable. Un nombre considérable de recherches en psychologie utilisent le concept d'*arousal* (Dawson, Schell et Fillion, 2007), mais peu d'entre elles se sont attardées à le définir. Lang *et al.* (1993) évoquent, de manière générale, une disposition de l'organisme à réagir. La définition de Cacioppo et Tassinary (1990 : 802, traduction libre), plus précise, réfère à :

(...) un changement fondamental au sein de l'organisme qui est requis pour toute action ou réponse. Généralement, il est dit qu'un organisme démontre une augmentation de son *arousal* lorsque celui-ci démontre une augmentation relative dans l'intensité de la réponse du système nerveux sympathique.

Bref, cette recherche s'attarde aux deux variables de l'engagement émotionnel, soit la démonstration d'une appréciation subjective de positive à négative (valence) d'une expérience donnée et le degré d'*arousal* (intensité) de l'appréciation suscitée par cette expérience. Il convient de mentionner que l'opérationnalisation et la caractérisation du concept sont présentées dans le Chapitre III - Méthodologie.

¹ Instinctivement signifie sous contrôle de structures sous corticales (Hebb, 1949).

2.2.2 Approche psychophysique

La psychophysique permet, entre autres, de mettre en relation des processus psychologiques et des réponses physiologiques. Par exemple, il est possible d'inférer certains états psychologiques sans nécessairement avoir recours à des variables contextuelles ou comportementales comme le temps passé à réaliser un exercice ou les réponses à un questionnaire. L'inférence de l'état psychologique se fait plutôt en interprétant des données physiologiques comme l'activité électrodermale (AED), l'électrocardiographie (ECG) ou l'électromyographie (EMG).

Aujourd'hui, l'usage des techniques de mesure psychophysique se répand à des domaines de recherche variés, dont l'éducation. Toutefois, des précautions s'imposent quant aux généralisations que les données physiologiques permettent. En effet, malgré les récentes améliorations de la fiabilité des outils de mesures, certaines limites persistent quant à l'interprétation que l'on peut faire des données qu'ils fournissent, particulièrement dans le cas d'associer directement un construit psychologique à une manifestation physiologique (p. ex, l'activation d'une région cérébrale, la variation de la conductance électrique à la surface de la peau, etc.) (Fairclough, 2009). Le chapitre III - Méthodologie fournit des explications supplémentaires en énonçant les limites méthodologiques liées de l'utilisation d'un outil psychophysique pour mesurer l'engagement émotionnel.

Parmi les différents indicateurs psychophysiques, l'activité électrodermale est probablement la mesure qui a été la plus utilisée et validée. La variation de la conductance de la peau renseigne sur les états corporels d'activation lors de comportements émotionnels, cognitifs ou physiques produits par l'activité des neurones sympathiques cholinergiques des glandes eccrines du derme (Venables et Christie, 1980 cités dans Nagai, Critchley, Featherstone, Trimble et Dolan, 2004). Ainsi, l'activité électrodermale est devenue avec le temps un des outils de l'étude des processus affectifs les plus répandus puisque le système nerveux autonome joue un

rôle significatif dans l'expression des émotions et de la motivation (Figner et Murphy, 2011).

2.2.3 La mesure de l'engagement émotionnel

Comme il a été défini précédemment, l'engagement émotionnel comporte deux variables, d'abord la valence, une démonstration d'une appréciation subjective de positive à négative et l'*arousal*, soit l'intensité de l'appréciation suivant une expérience donnée. Pour quantifier la première variable, la valence, certaines mesures psychophysiologiques s'avèrent pertinentes, la plus courante étant la variation du rythme cardiaque (Palomba, Sarlo, Angrilli et Stegagno, 2000). En effet, « *in general, heart rate decelerated in response to emotional stimulation and it decelerated the most in response to negative stimuli as compared with responses to positive and neutral stimuli.* » (Anttonen et Surakka, 2005 : 491). Or, pour enregistrer un tracé d'électrocardiographie, il est nécessaire d'installer des électrodes sur le thorax. Par souci d'utiliser dans cette recherche des mesures non intrusives, la valence est plutôt mesurée à partir de la réponse du participant à une question visant à déterminer à quel degré l'expérience ou la tâche qu'il vient de vivre est intéressante ou non comme l'ont fait Häussler *et al.* (1998) en demandant aux étudiants de quantifier leur intérêt à l'égard de certains thèmes de physique.

La mesure de la deuxième variable, l'*arousal*, est, quant à elle, envisagée selon une approche psychophysiologique puisque la technique de collecte de données de l'activité électrodermale est peu invasive. Plusieurs recherches ont d'ailleurs déjà fait usage de biocapteurs émotionnels. L'une des études pionnière a été menée par Tranel, Fowles et Damasio (1985) et confirme que l'AED représente une mesure fiable du niveau d'*arousal*. Les résultats démontrent qu'en moyenne le niveau d'AED est significativement supérieur lorsque des participants sont placés devant des stimulus possédant des connotations affectives par rapport à d'autres stimulus plus neutres.

Récemment, la recherche d'Arroyo *et al.* (2009) visait à vérifier la l'apport de différents capteurs pour la reconnaissance des émotions dans le cadre du développement d'un système de tutorat informatisé adaptatif en mathématiques. Leurs résultats démontrent, entre autres, que les émotions déclarées par les étudiants pouvaient être aussi automatiquement déduites pas les données physiologiques et physiques recueillies par les capteurs dont la conductance de la peau. Quoique certaines études avaient déjà analysé le potentiel de capteurs pour lier des réponses physiques ou physiologiques à des états émotionnels (Ekman, 1999), la plupart d'entre elles avaient seulement conduit leurs expérimentations en laboratoire. La recherche d'Arroyo *et al.* (2009) visait plutôt à adapter les modèles d'inférence émotionnelle à un environnement d'apprentissage et une population d'étudiants. Les chercheurs concluent que bien que le système de tutorat informatisé adaptatif soit fonctionnel sans les capteurs, ceux-ci permettent de prédire plus de 60 % de la variance de l'état émotionnel d'un étudiant.

Enfin, une recherche similaire visant aussi à développer un système de tutorat informatisé adaptatif s'intéressait, quant à elle, à décrire et identifier les technologies permettant de collecter des données sur l'état émotionnel d'étudiants pour ensuite vérifier comment les états émotionnels déduits sont liés à l'apprentissage (Dragon *et al.*, 2008). Leurs résultats concernant l'*emotional arousal* révèlent, entre autres, qu'il s'agit d'un prédicteur important de l'attitude à l'égard d'une discipline scolaire, plus précisément l'estime de soi et la disposition à apprendre. De plus, il a été validé que l'*arousal* est associée à une meilleure mémorisation, prise de décision et motivation (p. ex. Damasio, 1994).

En somme, les recherches en éducation qui utilisent le concept d'engagement émotionnel retrouvent principalement dans le domaine des environnements d'apprentissage informatisés (Arroyo *et al.*, 2009; Dragon *et al.*, 2008). En effet, afin de créer des systèmes informatisés de tutorat s'adaptant aux différents états

émotionnels des étudiants, l'une des avenues intéressantes consiste à intégrer à ces mêmes systèmes des dispositifs de reconnaissance des émotions. Or, les environnements informatisés ne devraient pas constituer l'unique champ de recherche où les variables émotionnelles sont prises en compte. Dans le design de tout matériel pédagogique, ce même souci d'engendrer un engagement émotionnel marqué et positif devrait être présent puisqu'il constitue la première étape essentielle au développement de l'intérêt.

2.3 Les connaissances actuelles sur l'intérêt des étudiantes à l'égard de la physique

Dans les sections précédentes, il a notamment été démontré que le développement de l'intérêt à l'égard de la physique suppose d'abord le déclenchement d'un intérêt situationnel et que cette phase préliminaire est dominée par un traitement affectif des stimulus. Ensuite, la pertinence d'utiliser l'engagement émotionnel comme mesure du niveau de déclenchement de l'intérêt situationnel pour l'étude de la physique a été justifiée. Dans la prochaine section, un sommaire des connaissances actuelles sur le développement de l'intérêt des femmes à l'égard de la physique est présenté. Pour ce faire, les différents résultats de recherches sur les interventions visant à améliorer l'intérêt des étudiantes à l'égard de la physique sont d'abord recensés et ensuite, un portrait des résultats obtenus plus spécifiquement en enseignement contextualisé de la physique est dressé.

2.3.1 Les initiatives pédagogiques pour développer l'intérêt

De nombreuses recherches émettent des recommandations quant aux changements pédagogiques à privilégier pour améliorer l'intérêt des étudiants en physique. Toutefois, peu d'études sont allées jusqu'à valider des interventions pédagogiques. Lorenzo *et al.* (2006) rapportent par exemple que l'instauration d'un climat de classe coopératif pourrait améliorer l'intérêt et selon Labudde *et al.* (2000), l'utilisation

d'activités d'apprentissage interactives aurait le même effet. Toutefois, les contextes de recherche les plus prometteurs demeurent peu exploités puisque bien qu'à travers le monde plusieurs programmes visant à développer l'intérêt des étudiantes à l'égard de la physique aient été implantés, peu d'études en sont issues. Quatre de ces projets, qui comptent parmi les plus intéressants et les plus en lien avec cette recherche, sont résumés ici, soit le programme des Pays-Bas, de l'Allemagne, de l'Australie et de l'Angleterre.

Pays-Bas : *Physics Curriculum Development Project (PLON) (1972-1986)*

Le projet *PLON* vise les étudiants de huitième et neuvième année. Le programme propose l'étude de la physique en contexte en mettant l'accent sur les objets techniques, les phénomènes naturels et les enjeux socioscientifiques. Les quelques études menées à la suite du projet révèlent par exemple que les étudiantes sont plus intéressées par certains contextes comme l'effet des radiations ionisantes sur l'humain (Kortland, 2006). Or, le projet est aujourd'hui abandonné de même que les recherches visant à mesurer l'impact du programme sur les variables clés comme la réussite scolaire, l'estime de soi ou l'intérêt.

Allemagne : *Intervention project to enhance girl's interest in physics (1991-1992)*

L'étude de l'équipe d'Häussler et Hoffmann (2002) a été une des premières à vérifier empiriquement ce que plusieurs recherches précédentes se limitaient à recommander, soit de mieux adapter les programmes d'étude en physique aux expériences plus féminines. Ainsi, à partir d'un échantillon d'une vingtaine de classes, dont 7 classes contrôles, l'étude a documenté de manière exhaustive l'expérience des étudiants dans un cours de physique par la réussite scolaire à court et à long terme, l'intérêt, le sentiment de compétence et l'estime de soi. Selon les conclusions de leur recherche, adapter le programme d'étude aux intérêts féminins est une intervention qui nécessite un minimum de changement dans les contenus et qui s'avère améliorer autant

l'intérêt des filles que des garçons. En plus, enseigner la physique dans des classes non mixtes améliore l'impact positif de l'adaptation du programme d'études aux intérêts féminins. Toutefois, l'enseignement en classe non mixte comme seule mesure n'a pas d'effet significatif sur l'intérêt, l'estime et la réussite des étudiantes. Dans une deuxième phase de l'étude, les conclusions sont plus mitigées et soutiennent que l'adaptation des programmes scolaires en fonction d'une plus grande diversité d'intérêts et d'expériences améliore significativement la confiance en soi et la réussite à long terme des étudiantes. Par contre aucun effet significatif n'a été observé sur l'intérêt.

Australie : *VCE Physics (1992)*

Le *Victorian Certificate of Education (VCE)* est un cours de physique de 11^e et 12^e année implanté en Australie en 1992. Le cours a été conçu à partir d'une approche contextualisée, c'est-à-dire qu'il présente d'abord la physique comme un outil pour comprendre le monde matériel et social et non pas seulement pour elle-même (Hart, 1997). Dans ce programme, les étudiants étudient le contexte avant les contenus de physique et ce sont les contextes qui déterminent la séquence d'apprentissage des concepts (Whitelegg et Parry, 1999). Aucune étude n'a précisément mesuré l'impact de ce programme sur l'intérêt des étudiantes. Par contre, après la première année d'implantation du cours, il y eut une soudaine augmentation de 25 % du nombre d'étudiants inscrits en physique. Toutefois, aujourd'hui, le cours a été considérablement modifié et les contextes ont été délaissés progressivement par les enseignants.

Angleterre : *Supported Learning in Physics Project (1993-2006)*

Elizabeth Whitelegg a dirigé en Angleterre le *Supported Learning in Physics Project (SLIPP)*, un cours de physique destiné aux étudiants du collège. Dans ce programme, des textes portant sur des contextes réels d'application de la physique accompagnent

chaque concept. Le contenu du cours a été divisé en huit unités concernant chacune un contexte spécifique (Whitelegg et Parry, 1999). Par exemple, le contexte de la consommation inégale des combustibles fossiles dans le monde est utilisé comme contexte pour entamer l'étude du concept d'énergie. Après l'étude pilote menée dans 14 collèges, les chercheurs, à partir d'une étude qualitative préliminaire, ont noté que le programme a été accueilli très favorablement par les étudiants et les enseignants (Whitelegg, 1996), mais aucune étude subséquente n'a eu lieu.

En somme, les changements pédagogiques destinés à améliorer l'intérêt des étudiants à l'égard de la physique incluent souvent une diversification des contextes utilisés pour enseigner les contenus. L'étude d'Häussler et Hoffmann (2002) fait partie des trop rares études à avoir validé l'impact de l'intervention sur les variables éducatives, comme l'intérêt. La recherche de Labudde *et al.* (2000), dont les résultats abondent dans le même sens, révèle aussi une amélioration de l'attitude des étudiants après l'enseignement de la physique par des contextes sociaux ou des phénomènes naturels. La consultation des études antérieures indique donc qu'il semble exister un engouement des didacticiens et rédacteurs de programme en physique pour l'approche contextualisée et que la mesure semble prometteuse pour le développement de l'intérêt, mais les résultats de recherche sont encore insuffisants pour émettre des recommandations claires selon Taasobshirazi et Carr (2008).

2.3.2 L'utilisation de contextes pour susciter l'intérêt des étudiantes

Parmi le corpus de recherches sur l'intérêt des étudiantes en physique, plusieurs soutiennent que la mise en contexte de la physique par des thèmes touchant aux phénomènes naturels, aux enjeux sociaux ou aux expériences quotidiennes des étudiants serait un changement pédagogique à prioriser (Häussler et Hoffman, 2002; Labudde *et al.*, 2000; Murphy et Whitelegg, 2006).

Research on context-based learning (Murphy, 1994; Hennessy, 1993) suggests that it has the potential to increase students' interests if appropriate contexts are used—contexts that post-16 students are interested in and relate to their out-of-school activities. (Whitelegg et Parry, 1999 : 69)

L'approche contextualisée en enseignement des sciences n'est pas une innovation pédagogique récente. Elle a émergé il y a une trentaine d'années. L'idée de mettre en contexte la science pour l'enseigner est issue du constat que les étudiants percevaient ce domaine comme impersonnel et sans lien avec l'expérience humaine quotidienne (Lye, Fry et Hart, 2001). L'utilisation d'une approche contextualisée représenterait, selon certains auteurs, l'une des innovations majeures en éducation dans les dernières décennies (Bennett et Lubben, 2006). Le rôle de la contextualisation en éducation scientifique sur la réussite, l'intérêt et la confiance en soi ne cesse de piquer la curiosité et se retrouve au cœur de multiples études et réflexions entourant sa mise en application (Volet et Järvelä, 2001).

En physique plus particulièrement, la recherche sur l'enseignement contextualisé s'intéresse non seulement aux impacts de l'implantation de programmes d'étude contextualisés sur l'apprentissage est les variables affectives des étudiants, mais aussi à l'équilibre dans le choix des thèmes qui inspirent les contextes. Les travaux de Duit *et al.* (1992) résument les principaux constats sur la contextualisation de la physique et les différents intérêts et des étudiants et des étudiantes. Selon leurs recherches :

- Les contextes traitant du lien entre les enjeux sociaux comme la pollution sonore et l'économie d'énergie et la physique intéressent les étudiantes et cet intérêt augmente avec l'âge.
- Les contextes traitant du lien entre des applications technologiques et la physique sont généralement d'intérêt pour les étudiantes, mais les applications médicales et biologiques, comme le sens magnétique des oiseaux ou l'émission d'ultrasons par certains animaux, sont préférées.

- Les contextes traitant du corps humain sont perçus comme les plus signifiants par les étudiantes, notamment la prévention des collisions automobiles ou l'impact des décharges électriques sur les organes.

D'autres études ont suivi celle de Duit *et al.* (1992) et en arrivent à des constats similaires :

- Les étudiantes préfèrent l'apprentissage contextualisé alors qu'en général, la physique est enseignée par une approche mathématique et abstraite (Stewart, 1998).
- Les étudiantes s'intéressent particulièrement à l'humain, aux enjeux sociaux, aux applications médicales, aux phénomènes naturels, etc., alors qu'en général les contextes des exercices de physique s'inspirent plus de contextes sportifs, militaires, automobiles, etc. (Hoffmann, 2002).
- Les étudiantes, plus particulièrement, s'avèrent sensibles aux contextes des exercices scolaires (Häussler *et al.*, 1998).

Des études plus récentes (Murphy et Whitelegg, 2006; Reid et Skyabina, 2003) confirment ces constats, mais déplorent que malgré les résultats de recherche disponibles, les contextes proposés aux étudiants reflètent encore aujourd'hui majoritairement des exemples où la physique est étudiée pour elle-même plutôt qu'en lien avec enjeux sociaux, des applications médicales ou le corps humain.

Girls expressed a relatively high interest in natural phenomena and phenomena that could be perceived by the senses. They placed a high value on references to mankind, social involvement, and the practical applications of theoretical concepts (...). For example, human biology, medicinal uses or natural phenomena could be introduced as contexts for physics lessons, topics which would take the interests of girls into account (...) (Hoffmann, 2002 : 450-451)

2.4 Objectifs spécifiques et hypothèses de recherche

Les sections précédentes du cadre théorique ont d'abord permis de préciser le processus de développement de l'intérêt pour la physique et ensuite comment l'engagement émotionnel s'avère une mesure pertinente du déclenchement de l'intérêt. De plus, les résultats de recherches antérieures semblent indiquer que ce sont les contextes humains qui suscitent le plus l'intérêt des étudiantes. Conséquemment, l'objectif général de recherche, qui consiste à comparer, par une mesure psychophysiological, l'intérêt suscité par des problèmes de physique associés à différents contextes, est précisé de la façon suivante.

D'abord, compte tenu des résultats de plusieurs études présentées à la section 2.3 (p. ex. Hoffmann, 2002; Duit *et al.*, 1992), parmi les différents types de contextes pouvant être associés aux problèmes de physique, les contextes humains et les contextes techniques semblent les plus appropriés. En effet, les recherches stipulent que de recourir à des contextes reflétant des intérêts plus diversifiés, et en particulier en faisant référence au corps humain, favoriserait le développement de l'intérêt des étudiantes en physique et éventuellement augmenterait le nombre d'étudiantes poursuivre des études dans ce domaine (Baram-Tsarabi et Yarden, 2008; Murphy et Whitelegg, 2006). Les problèmes à contexte technique, quant à eux, quoique largement utilisés dans l'enseignement de la physique, semblent peu susceptibles de susciter l'intérêt des étudiantes (Häussler *et al.*, 1998; Murphy et Whitelegg, 2006). Ainsi, le premier objectif spécifique consiste à :

- Élaborer une tâche comprenant des problèmes de physique où deux types de contextes sont utilisés, des contextes associés au corps humain et des contextes techniques.

Ensuite, la section 2.1 précise que, selon le modèle du développement de l'intérêt d'Hidi et Renninger (2006), il existe de deux types d'intérêt : en premier apparaît

l'intérêt situationnel et ensuite l'intérêt individuel. Alors que l'intérêt individuel réfère à une prédisposition plus durable à se réengager dans une tâche (p. ex. Renninger, 2000), l'intérêt situationnel est déclenché par un évènement qui survient dans l'environnement et qui attire l'attention (Renninger *et al.*, 2004). L'intérêt à l'égard la physique comme discipline scolaire est une forme d'intérêt situationnel (Hidi et Baird, 1986) et il serait dépendant des conditions pédagogiques comme le contexte dans lequel un concept de physique est présenté. En amorce du développement de l'intérêt situationnel pour la physique se trouve une première phase, le déclenchement de l'intérêt situationnel. Pour comparer le déclenchement de l'intérêt situationnel engendré par différents types de contextes, le modèle d'Hidi et Renninger (2006) amène à vouloir mesurer une variation émotionnelle puisque le déclenchement de l'intérêt est accompagné de changements soudains dans les processus affectifs.

La perspective psychophysique précisée à la section 2.2 a permis de justifier le choix de l'engagement émotionnel comme choix de mesure de la variation émotionnelle. Le concept d'engagement émotionnel est défini comme la démonstration d'une valence, ou appréciation subjective et d'un certain niveau d'*arousal* suivant stimulus (Bradley *et al.*, 2001). L'utilisation de l'activité électrodermale, permet d'inférer en temps réel et en action le niveau d'*arousal* des étudiantes réalisant des problèmes de physique. Des recherches (p. ex. Figner et Murphy, 2011) démontrent que le niveau d'activité électrodermale est une mesure fiable de l'*arousal* puisqu'il est significativement supérieur lorsque des participants sont placés devant des stimulus possédant des connotations affectives par rapport à d'autres stimulus plus neutres. La valence de l'engagement émotionnel est quant à elle mesurée par la déclaration des participantes puisque les mesures psychophysique disponibles s'avèrent trop intrusives par rapport aux contraintes éthiques de cette recherche.

Ainsi, à partir du modèle d'Hidi et Renninger (2006) qui suppose que le déclenchement de l'intérêt s'accompagne de changements soudains - dans les processus affectifs et de la perspective psychophysiological qui permet de mesurer, par l'engagement émotionnel, ces changements de manière directe et en temps réel, le deuxième objectif spécifique de cette recherche est formulé ainsi :

- Comparer l'engagement émotionnel, mesuré en temps réel et en direct par l'activité électrodermale, suscité par les contextes humains et les contextes techniques associés à des problèmes de physique.

Enfin, comme il est expliqué à la section 2.3, les résultats de recherches antérieures mènent à penser que les contextes associés au corps humains génèrent un intérêt plus important chez les étudiantes que les contextes techniques. Selon l'étude d'Hoffmann (2002), les étudiantes s'intéressent particulièrement à l'humain. Duit *et al.* (1992) vont dans le même sens et affirment que les contextes traitant du corps humain sont perçus comme les plus signifiants par les étudiantes. De plus, comme il a été mentionné à la section 1.2 de la problématique, l'intérêt des étudiants est très faiblement stimulé par l'étude de la physique comme entreprise scientifique (Häussler *et al.*, 1998), donc les problèmes associés à des contextes techniques sont peu susceptibles de générer l'engagement émotionnel. Les hypothèses mises à l'épreuve dans cette recherche sont donc formulées comme suit:

- L'*arousal* des étudiantes est plus marqué lors de la réalisation d'exercices de physique contextualisés à partir de thèmes liés au corps humain comparativement à des thèmes techniques.
- La valence subjective des étudiantes est plus positive lors de la réalisation d'exercices de physique contextualisés à partir de thèmes liés au corps humain comparativement à des thèmes techniques.

CHAPITRE III

MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre présente la méthodologie élaborée pour comparer l'engagement émotionnel d'étudiantes réalisant des problèmes de physique à contextes humains et à contextes techniques. Dans un premier temps, l'échantillon constitué pour la recherche est présenté, suivi de l'instrumentation, de la tâche expérimentale et du plan de traitement et d'analyse des données. Le chapitre se conclut par les considérations relatives aux biais méthodologiques et au respect des normes éthiques.

3.1 Échantillon

L'échantillon constitué pour la recherche a été déterminé par la méthode de l'échantillonnage de convenance. Cette méthode est utilisée lorsque les critères de faisabilité de la recherche ne permettent pas de constituer un autre type d'échantillon ou dans des travaux préliminaires ou de mise à l'essai, comme c'est le cas pour cette recherche.

3.1.1 Critères de sélection

Les participantes ont été recrutées dans un collège et dans une université de la ville de Montréal. Il a été démontré que même lors de la dernière année d'études collégiales, les étudiants peuvent amorcer le développement d'un intérêt individuel soutenu à l'égard d'une discipline pour laquelle ils n'avaient auparavant qu'un intérêt très faible (Sanson, Weir, Harpster et Morgan, 1992). Ainsi, les participantes ont été sélectionnés sur la base des critères suivants :

- S'identifier au genre féminin;

- Avoir réussi un cours de physique mécanique de niveau collégial;
- Être âgée de 30 ans ou moins;
- Ne pas souffrir d'allergie cutanée sévère (pour éviter une réaction suite à l'installation des électrodes).

3.1.2 Caractéristiques de l'échantillon

Un appel de volontaires a été réalisé dans deux établissements et toutes les étudiantes ayant répondu positivement ont été retenues. Au total, 13 participantes ont pris part à l'expérimentation. La moyenne d'âge de l'échantillon est de 20,1 ans et la cote de rendement au collégial (cote R) moyenne déclarée est de 28,8. Selon le centre d'études collégiales en Charlevoix (2013), une cote R entre 26 et 29,4 indique des notes au-dessus de la moyenne, approximativement entre 75 et 80 %.

Afin de s'assurer que l'échantillon n'est pas atypique quant à l'intérêt moyen à l'égard de la physique, le résultat des participantes à un questionnaire de motivation en physique a été comparé à la motivation moyenne en sciences venant d'une étude portant sur un plus grand nombre d'étudiants (voir appendice B). La comparaison des scores de l'échantillon de cette étude (score moyenne = 124,85, n = 13) à celle de l'étude de Tuan *et al.* (2005) (score moyen = 120,01, n = 1470) révèle que l'écart entre les résultats de l'échantillon de cette recherche et celle de Tuan *et al.* (2005) ne s'élève qu'à 4,0 %, ce qui mène à penser que l'échantillon n'est pas particulièrement atypique.

3.2 Instrumentation

Il est utile de rappeler que la définition du concept d'engagement émotionnel a été présentée au chapitre II – Cadre théorique. Il sera question ici de spécifier d'un point de vue expérimental comment les deux variables de l'engagement émotionnel, l'*arousal* et la valence, s'opérationnalisent, se mesurent et s'interprètent.

Il est possible de mesurer l'effet du contexte d'un problème sur l'engagement émotionnel d'étudiantes par différentes approches méthodologiques dont l'administration d'un questionnaire ou l'observation directe. Häussler *et al.* (1998) ont, par exemple, demandé à des étudiantes de lire des énoncés de problèmes de physique et de déclarer leur intérêt dans un questionnaire. Or, comme cette recherche vise à mesurer l'effet du contexte dans des conditions plus réalistes, c'est-à-dire en temps réel, pendant la réalisation d'une tâche de physique, une mesure psychophysologique, l'activité électrodermale, est mieux adaptée.

3.2.1 L'activité électrodermale comme mesure de l'*arousal*

Le niveau d'activité électrodermale est une mesure sensible et pratique des changements dans l'activité du système nerveux sympathique liés aux émotions (Critchley, 2002). Il été clairement démontré que le niveau d'activité électrodermale renseigne sur le niveau d'*arousal* par sa sensibilité à la signification qu'accorde un sujet à un stimulus (Dawson *et al.*, 2007). Le niveau d'activité électrodermale est une mesure de l'activité des glandes sudoripares eccrines qui sont innervées exclusivement par le système nerveux sympathique. Conséquemment, tout stimulus accompagné d'émotion fait varier le galvanomètre proportionnellement à la vivacité de l'émotion ressentie. En somme, le niveau d'AED augmente proportionnellement au niveau d'*arousal* général d'un individu (Nakasone, Prendinger et Ishizuka, 2005). Des chercheurs l'ont d'ailleurs confirmé en observant une covariance significative entre la magnitude de l'activité électrodermale et la déclaration d'*arousal* et d'intérêt de sujets à l'égard d'un stimulus (Lang *et al.*, 1993).

Par rapport à d'autres outils de mesure du niveau d'*arousal* comme le questionnaire ou les variables contextuelles (expressions faciales ou la voix), l'activité électrodermale possède l'avantage d'être directe et en temps réel (Jacques et Viccari, 2005). Effectivement, « *Reports of emotions are not direct readouts of activity of*

motivational circuits. They are influenced by personal, situational and cultural imperatives » (Bradley *et al.*, 2001 : 276).

Outre l'activité électrodermale, d'autres mesures psychophysiques directes et en temps réel renseignent sur le niveau d'*arousal*, soit l'électrocardiographie et l'électromyographie faciale, mais leur utilisation est soit trop intrusive ou trop onéreuse par rapport aux ressources disponibles pour cette recherche. Le tableau 3.1 présente un résumé des principaux avantages et limites de l'utilisation de l'activité électrodermale.

Tableau 3.1 Avantages et limites de l'utilisation de l'activité électrodermale pour mesurer le niveau d'*arousal* de l'engagement émotionnel

Mesure	Avantages	Limites
Activité électrodermale (AED) Activité des glandes sudoriparées eccrines	<ul style="list-style-type: none"> - Peu invasive.¹ - Tracé non contaminé par les activités somatiques (rythme respiratoire, contraction musculaire).² - Variations facilement discernables.² - Peu onéreux² 	<ul style="list-style-type: none"> - Partie d'un processus complexe de réponse du système nerveux autonome.² - Système à <i>arousal</i> lente.² - Surtout utile pour effectuer des mesures générales de l'<i>arousal</i> ou de l'attention.²

¹(Figner et Murphy, 2011) ²(Dawson *et al.*, 2007)

En résumé, bien que l'AED ait une résolution temporelle relativement peu précise et une sensibilité à une grande diversité de stimulus rendant plus difficile l'interprétation précise du tracé, elle en demeure une mesure psychophysique fiable de l'*arousal*. En effet, des précautions sont prises pour que seul le contexte des exercices de physique varie dans la tâche. De plus, la résolution temporelle de l'ordre de la seconde suffit amplement pour une interprétation adéquate des données puisque chacun des exercices de la tâche dure entre 20 et 300 secondes. Comme le montre la figure 3.1, le niveau d'activité électrodermale a été enregistré par une paire d'électrodes Ag/AgCl préendue de gel isotonique de marque *Biopac systems inc.*

Les électrodes étaient fixées aux phalanges distales de l'index et du majeur de la main non dominante de chaque participant à l'aide de ruban adhésif médical.

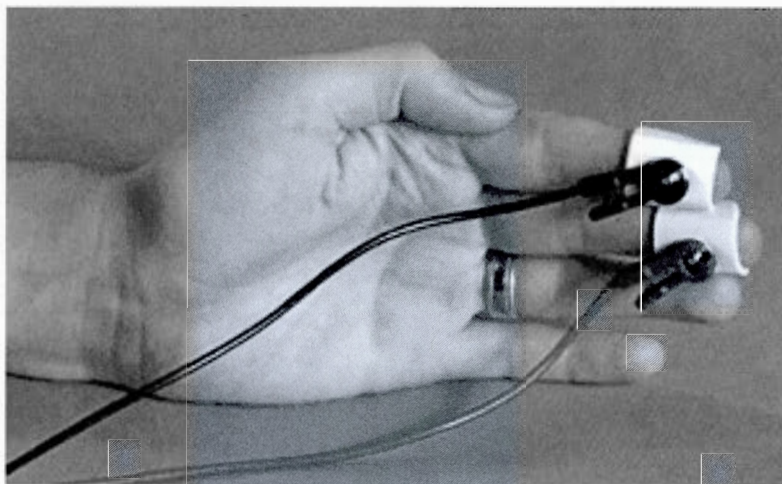


Figure 3.1 Dispositif SS57L de *Biopac* (Tirée de *Biopac*, 2012)

Le logiciel BSL Pro de *Biopac systems inc.* a été utilisé pour numériser et amplifier les données à 200 lectures par seconde.

Le niveau d'activité électrodermale est une mesure de la conductance globale de la peau sur un intervalle de temps allant de quelques dizaines de secondes à quelques heures (Figner et Murphy, 2011). À partir du tracé brut, trois mesures permettant d'inférer le niveau d'*arousal* sont appliquées. D'abord, la fréquence des réponses électrodermales non spécifiques ou spontanées est calculée. Les réponses électrodermales sont des variations du niveau d'activité électrodermales qui sont soit liées à la présentation d'un stimulus ou soit spontanées. Les réponses électrodermales qui surviennent plus de cinq secondes après la présentation d'un stimulus sont considérées comme spontanées (Boucsein, 2012) et leur fréquence, généralement entre une et trois par minute au repos, s'avère une mesure du niveau tonique ou global d'*arousal* (Dawson *et al.*, 2007). L'*arousal* est aussi mesurée par le calcul de la moyenne et de la variance du niveau d'activité électrodermale, cette dernière étant dépendante à la fois du nombre et de l'amplitude des fluctuations du niveau de

conductance de la peau (Doberenz, Roth, Maslowski, Wollburg et Sunyoung, 2011). La section 3.4 fournit plus de détails par rapport aux paramètres de l'activité électrodermale permettant de quantifier l'arousal.

3.2.2 La réponse subjective comme mesure de la valence

La deuxième variable de l'engagement émotionnel, la valence, est mesurée par le jugement subjectif. La question suivante était posée aux participantes à la suite de chacun des exercices : L'exercice était 1) inintéressant, 2) peu intéressant 3) assez intéressant ou 4) intéressant. L'item prend la forme d'échelle de Likert à choix forcé où à modalité paire afin d'éviter l'ambiguïté de l'interprétation du niveau central. Souvent, l'échelle de Likert des questionnaires offre un choix de réponse à 5 niveaux: fortement en accord, en accord, ni en désaccord ni d'accord, en désaccord et fortement en désaccord (Osborne *et al.*, 2003). Cette pratique produit une échelle impaire, où le niveau central rend l'interprétation des résultats plus ambiguë. En effet, les répondants ne perçoivent pas toujours la catégorie centrale comme un choix neutre entre deux extrêmes (Schreiner et Sjoberg, 2004). Le choix de la modalité du centre peut indiquer un manque de connaissances, un manque de compréhension de l'item, de l'indifférence ou un manque d'intérêt à se positionner par rapport à une affirmation (Gable et Wolf, 1993).

La mesure de la valence par réponse subjective est préférée à la mesure psychophysiological. En effet, bien que l'activité électrique à la surface du coeur, l'électrocardiographie, mesure directement la joie ressentie (Teplan, 2002), le tracé est difficilement interprétable, car il est influencé à la fois l'activité sympathique et parasympathique du système nerveux (Dawson *et al.*, 2007). De plus l'installation des électrodes est relativement invasive puisqu'elles doivent être fixées sur le thorax. La mesure de la valence par réponse subjective est aussi préférée à des mesures automatisées des expressions faciales (p. ex. *FaceReader*TM, voir Benta *et al.*, 2009) en raison du cout élevé de la technologie nécessaire.

3.3 Tâche expérimentale

À partir de contextes associés au corps humain qui sont reconnus dans la littérature comme suscitant l'intérêt des étudiantes, cinq exercices de physique mécanique ont été modulés de manière à en obtenir deux versions équivalentes, l'une avec un contexte technique et l'autre avec un contexte humain.

3.3.1 Exercices de physique mécanique

Les exercices mis au point sont inspirés de ceux retrouvés dans les manuels et sites web destinés à l'enseignement de la physique mécanique au niveau collégial. Un soin particulier a été accordé à l'uniformisation des exercices afin que seul le contexte varie entre les deux versions d'un même exercice. Ainsi, un souci a été apporté afin que les exercices soient équivalents dans leur degré d'idéalisation, le nombre d'étapes pour parvenir à la réponse, la conversion d'unité nécessaire et leur présentation graphique. Au total, 5 exercices déclinés en deux versions chacun composent la tâche (voir appendice A). Les exercices ont été présentés aux participantes de manière aléatoire à partir du logiciel *E-prime*.

3.3.2 Déroulement de l'expérimentation

L'expérimentation s'est déroulée dans deux locaux semi-isolés situés dans l'établissement d'enseignement des participantes. Celles-ci ont réalisé l'expérience de manière individuelle selon le protocole expérimental présenté à l'appendice C. La séance durait au maximum 60 minutes incluant l'installation et la clôture. Le montage expérimental est présenté à la figure 3.2 et les détails techniques à l'appendice F.

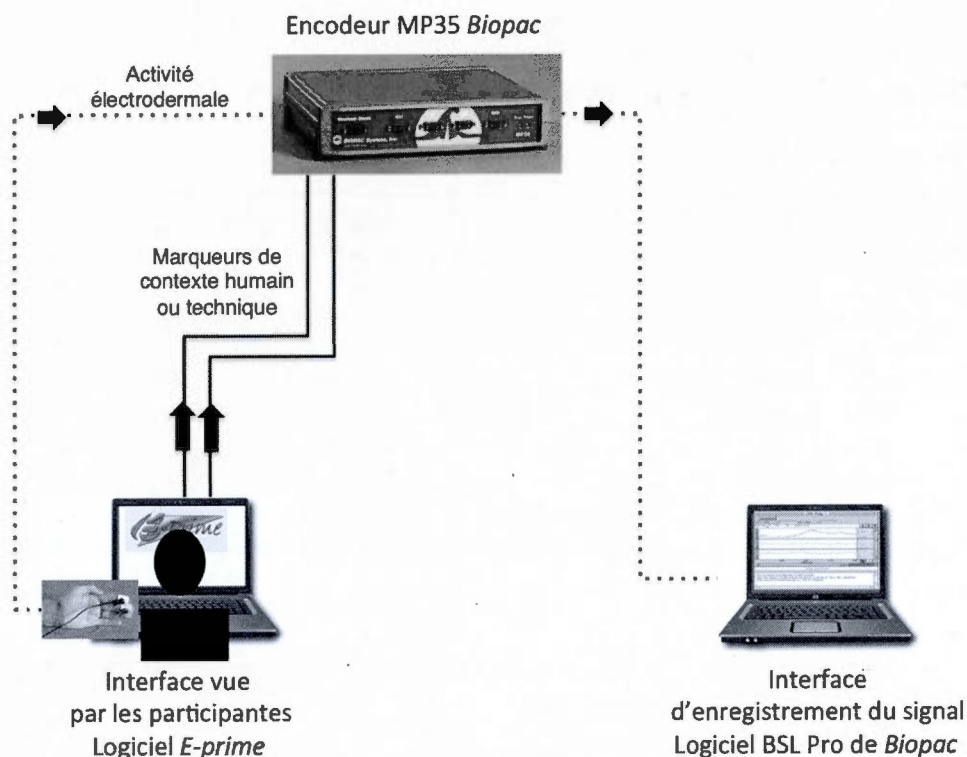


Figure 3.2 Montage expérimental (équipement et logiciels)

3.4 Analyse des données

Afin de confirmer les deux hypothèses de recherche énoncées au chapitre II – Cadre théorique, l'analyse de données a été réalisée en deux étapes. D'abord, le prétraitement des données (transformation logarithmique et lissage) et ensuite le traitement (test-T, test des rangs signés de Wilcoxon). Le prétraitement des données a été réalisé à l'aide du logiciel *BSL Pro* de *Biopac systems inc.* et le traitement statistique a été réalisé à partir du logiciel *SPSS 18* d'*IBM software*.

3.4.1 Prétraitement des données

Les données déclarées concernant la valence attribuée aux différents exercices par les participantes ne nécessitent aucun prétraitement. Par contre, comme il est habituellement requis pour les biosignaux, des paramètres doivent être extraits du

tracé d'activité électrodermale avant de réaliser des analyses statistiques (Boucsein, 2012). Pour interpréter l'*arousal*, il faut extraire du tracé d'activité électrodermale les paramètres toniques, c'est-à-dire ceux qui représentent une tendance à plus long terme (plusieurs secondes à plusieurs minutes) par rapport aux paramètres phasiques qui représentent des réponses instantanées (quelques secondes). Les trois paramètres toniques mesurables sont utilisés pour la recherche, c'est-à-dire le niveau d'activité électrodermal (sa moyenne et sa variance) ainsi que la moyenne de la fréquence des réponses électrodermales spontanées (Boucsein, 2012). Pour l'extraction de la moyenne et de la variance du niveau d'activité électrodermale, le tracé brut de la conductance de la peau (en microsiemens) à chaque intervalle de 0,005 seconde a été prétraité (voir figure 3.3).

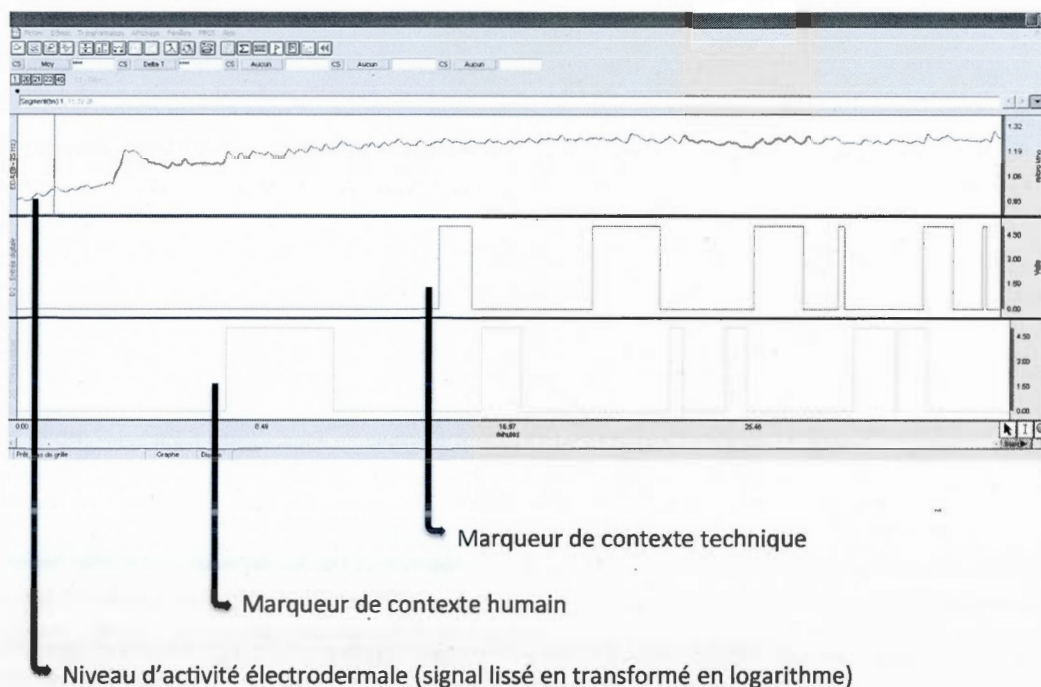


Figure 3.3 Captures d'écran du logiciel *BSL Pro* : tracé du niveau d'activité électrodermale lissé et transformé en son logarithme

Le calcul de la fréquence des réponses électrodermales spontanées s'est effectué, quant à lui, à partir du tracé brut (voir figure 3.4). Cette mesure, largement employée, a cependant longtemps dépendu de critères arbitraires. En effet, la détermination de l'amplitude minimale ou du temps de montée des oscillations est historiquement et même encore aujourd'hui basée sur les contraintes de l'observation à l'oeil nu du tracé plutôt que sur des données de recherche validées (Bach, Friston et Dolan, 2010 ; Doberenz *et al.*, 2011). À ce jour aucune étude n'a permis de valider des seuils d'acceptation ou de rejet des oscillations comme réponses électrodermales spontanées. Dans cette recherche, aucun seuil ne sera donc appliqué pour s'assurer que les réponses électrodermales ne sont pas dues à la présentation du stimulus, conséquemment, elles sont effectivement spontanées, les oscillations survenant cinq secondes ou moins après la présentation d'un stimulus seront rejetées selon la recommandation de Boucsein (2012).

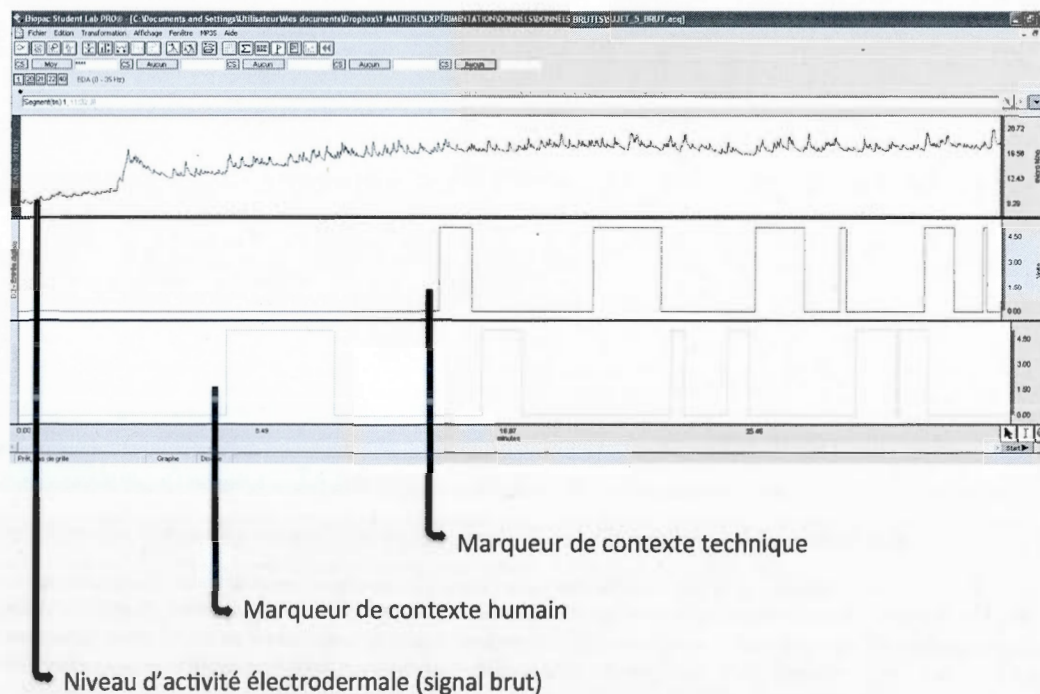


Figure 3.4 Capture d'écran du logiciel *BSL Pro* : tracé brut du niveau d'activité électrodermale

Avant de calculer la moyenne et la variance du niveau d'activité électrodermale, deux étapes de prétraitement des données ont été réalisées :

1. D'abord, une **transformation logarithmique** du tracé a été réalisée pour normaliser la distribution de la conductance. En effet, Venables et Christie (1980) suggèrent de transformer les données brutes du niveau d'activité électrodermale (microsiemens) en leur logarithme afin de réduire significativement l'indice de *Skewness* et la *Kurtose* de l'ensemble des données (Dawson *et al.*, 2007).
2. Ensuite, afin de s'assurer que le niveau d'activité électrodermale n'est pas surévalué par des réponses électrodermales (oscillations), le tracé est **lissé** sur 10 secondes (Boucsein, 2012), c'est-à-dire qu'une moyenne de la conductance électrodermale est calculée à chaque intervalle de 10 secondes.

Lykken, Rose, Luther et Maley (1966) proposent une correction du tracé qui vise à réduire la variance d'erreur et qui a été souvent utilisée en recherche médicale. La correction consiste à calculer, pour chaque point du tracé de conductance électrodermale, une proportion, c'est-à-dire la valeur donnée, à laquelle on soustrait le minimum et ensuite qu'on divise par l'amplitude du tracé. Or, le principe de cette correction repose sur une évaluation raisonnable du minimum et du maximum individuel et qu'en pratique, l'évaluation juste de ces paramètres est difficilement réalisable et particulièrement dans le cas de petits échantillons (Boucsein, 2012). Par exemple, pour calculer le maximum de conductance, il est suggéré de faire éclater un ballon de fête au participant. Or, l'éclatement du ballon peut causer des réactions psychologiques exagérées et il existe des différences individuelles significatives dans la capacité de relaxer, faisant du minimum de la conductance une donnée très arbitraire. Pour évaluer de manière juste le minimum, il faudrait coupler avec un électroencéphalogramme (Lykken et Venables, 1971), ce qui n'a pas été fait dans cette recherche. Aucune correction n'a donc été effectuée sur le tracé.

3.4.2 Traitement des données

Comme l'objectif de la recherche est de vérifier que les problèmes de physique à contexte humain génèrent effectivement un *arousal* plus marqué et une valence plus positive que les problèmes à contexte technique, l'hypothèse sera soutenue seulement si les moyennes d'*arousal* et de valence des problèmes à contexte humain sont supérieures à celles des problèmes à contexte technique. Il s'agit donc de tester une hypothèse directionnelle puisqu'elle sera confirmée qu'à condition que les différences observées soit dans une seule direction. Par rapport à des tests bilatéraux, les tests unilatéraux minimisent le risque d'erreur de type II donc leur puissance statistique est plus élevée. Conséquemment,

[d]eux résultats peuvent invalider l'hypothèse directionnelle. D'une part, si les deux moyennes sont statistiquement égales, nous ne pouvons pas rejeter H_0 et nous sommes contraints de conclure qu'il n'y a pas de preuve pour H. Mais nous ne pouvons pas plus rejeter H_0 si le résultat obtenu est l'inverse de notre hypothèse (...) Puisque le test unicaudal spécifie la direction de la différence, nous n'avons qu'à démontrer que la différence observée ($t_{\text{observé}}$) et au bon endroit et notre inférence sera juste. (Haccoun et Cousineau, 2010 : 312-313)

D'abord, pour vérifier que la valence suscitée les contextes humains est significativement plus élevée que pour les contextes techniques, une moyenne des réponses déclarées par les participantes par type de contexte est calculée puis les moyennes sont comparées par un Test-t d'échantillons appariés unicaudal à $p < 0,05$ et par le test des rangs signés de Wilcoxon aussi unicaudal à $p < 0,05$. Les tests statistiques permettent de déterminer si le jugement est significativement plus plaisant dans le cas d'exercices contextualisés en référant au corps humain par rapport à des exercices techniques.

Ensuite, l'*arousal* généré par les deux types de contextes, humain et technique, est comparé à l'aide de trois mesures faites directement sur le signal : la fréquence des réponses électrodermales spontanées, la moyenne du niveau d'activité électrodermale

et la variance du niveau d'activité électrodermale. Des tests-T d'échantillons appariés unicaudaux à $p < 0,05$ ainsi que des tests des rangs signés de Wilcoxon aussi unicaudaux à $p < 0,05$ permettront de déterminer si l'*arousal* est significativement plus élevé dans le cas d'exercices contextualisés par des thèmes liés au corps humain par rapport à des exercices techniques et ce, pour les trois mesures réalisées à partir du tracé.

Comme l'*arousal* est comparé à l'aide de trois moyennes, le seuil de signification des résultats est ajusté. L'approche préconisée par Bonferroni, Dunn et Sidak est très conservatrice et utilise le même taux d'erreur d'ensemble pour toutes les comparaisons. Holm (1979) ainsi que Larzelere et Mulaik (1977) proposent d'ajuster le taux d'erreur par comparaison en fonction du nombre de comparaisons qui ont déjà été effectuées. La stratégie consiste à placer en ordre décroissant les différences de moyennes observées et de calculer à chaque fois le score t observé. Le taux d'erreur par comparaison est ensuite calculé pour chacune de ces comparaisons en diminuant à chaque fois le nombre de comparaisons. De cette façon, à chaque comparaison le taux d'erreur diminue pour devenir égal au taux d'erreur d'ensemble lorsqu'il ne reste plus qu'une comparaison à effectuer.

Enfin, dans le cas de la valence comme de l'*arousal*, la taille des effets observés est évaluée en calculant le coefficient d de Cohen (1969) généralement utilisé pour la comparaison de moyennes (Rosenthal, 1994, 1991). Le d de Cohen est calculé ainsi :

$$d = t / n^{1/2}$$

où t est la statistique obtenue par le test-t de Student pour échantillons appariés et n la taille de l'échantillon.

3.5 Prise en considération des biais possibles

Pour améliorer la fiabilité des résultats obtenus, des précautions méthodologiques ont dû être prises à trois égards, du point de vue de la désirabilité sociale, de l'environnement expérimental et du montage technique.

Premièrement, afin d'éviter que les participantes éprouvent un désir de plaire et cherchent à correspondre aux attentes qu'elles attribuent à la recherche en tentant de moduler délibérément leur engagement émotionnel, seules les informations essentielles au déroulement de l'expérimentation et au respect des règles d'éthiques ont été divulguées. Les participantes ont été informées que l'objectif de la recherche est d'améliorer l'intérêt des étudiants en physique et de mesurer l'engagement émotionnel suscité par la physique, mais les contextes humains et techniques n'ont pas été mentionnés.

Ensuite, pour l'enregistrement de l'activité électrodermale, il est recommandé que la température du local se situe entre 20 et 30 degrés Celsius et que comme les participantes sont inactives, de la maintenir un peu plus élevée que la normale, autour de 22 degrés Celsius (Boucsein, 2012). Comme le niveau d'activité électrodermale varie significativement entre l'hiver et l'été (Neumann, 1968), si la collecte de données s'étend sur plusieurs saisons, il est nécessaire d'enregistrer les conditions météorologiques dans un but de contrôle des variables. Comme dans cette recherche, les données ont été recueillies au printemps et à l'automne, donc en saison tempérée, seule la température interne du local fut vérifiée et maintenue entre 21 et 23 degrés.

Enfin, d'un point de vue physiologique, bien que la corrélation entre la pression sanguine et l'activité électrodermale ne soit pas systématique, les perturbations de la pression sanguine doivent être évitées. Boucsein (2012) déconseille, si possible, l'utilisation du ruban adhésif pour fixer les électrodes aux phalanges pour ne pas augmenter la pression sanguine dans les doigts. Or, dans la recherche, le ruban

adhésif a été utilisé avec précaution et son emploi représentait un compromis pour permettre aux participantes d'utiliser le plus normalement possibles leurs deux mains sans craindre que les électrodes se détachent.

3.6 Considérations éthiques

Aucune difficulté éthique particulière n'est soulevée par le projet. Les conditions imposées par l'utilisation d'électrodes peuvent entraîner un certain inconfort du fait que la peau sous l'électrode s'humidifie et que les mouvements de la main sont restreints. L'inconfort a pu être minimisé en limitant la durée de l'expérimentation à 60 minutes et en fixant les fils au poignet, permettant une meilleure liberté de mouvement des doigts sans compromettre le contact entre la peau et l'électrode. De plus, les sujets bénéficiaient d'une période d'acclimatation d'au moins cinq minutes avant que l'acquisition des données ne débute. Cette étude a reçu l'approbation éthique de l'UQAM et a été menée conformément au projet déposé. Les formulaires de consentement, pour participante mineure et pour participante majeure, tel qu'ils ont été approuvés se trouvent à l'appendice D.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Ce quatrième et dernier chapitre présente les résultats obtenus et les interprète relativement aux hypothèses de recherche avancées et aux résultats de recherches antérieures.

4.1 Résultats de la comparaison de l'engagement émotionnel

Dans la prochaine section, les données provenant de la mesure des deux facteurs de l'engagement émotionnel, la valence et l'*arousal*, sont analysés de sorte à vérifier si des contextes liés au corps humain suscitent effectivement une valence plus positive et une *arousal* plus marqué que les contextes techniques.

4.1.1 La valence

Les données de la valence déclarée par treize participantes ont été correctement enregistrées. Elles consistent en la réponse à l'item suivant : L'exercice était 1- Inintéressant, 2- Peu intéressant, 3- Assez intéressant et 4- Intéressant. Parmi les 130 données possibles (13 participantes; 10 occurrences de la question), 14 étaient manquantes (11 % du total). Les observations incomplètes ont été exclues de l'analyse statistique. Les données ne sont pas normalement distribuées puisque le test de Kolmogorov-Smirnov est significatif (voir tableau 4.1)

**Tableau 4.1 Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov
de valence moyenne déclarée (N=13)**

	Statistique K-S ^a	degré de liberté	seuil de signification
contextes humains	0,255	13	0,02
contextes techniques	0,241	13	0,04

a. correction de signification de Lilliefors

L'examen du graphique à bandes à la figure 4.1 semble indiquer une différence significative entre les moyennes de la valence déclarée pour les contextes humains et techniques puisque les barres d'erreurs ne se recoupent pas.

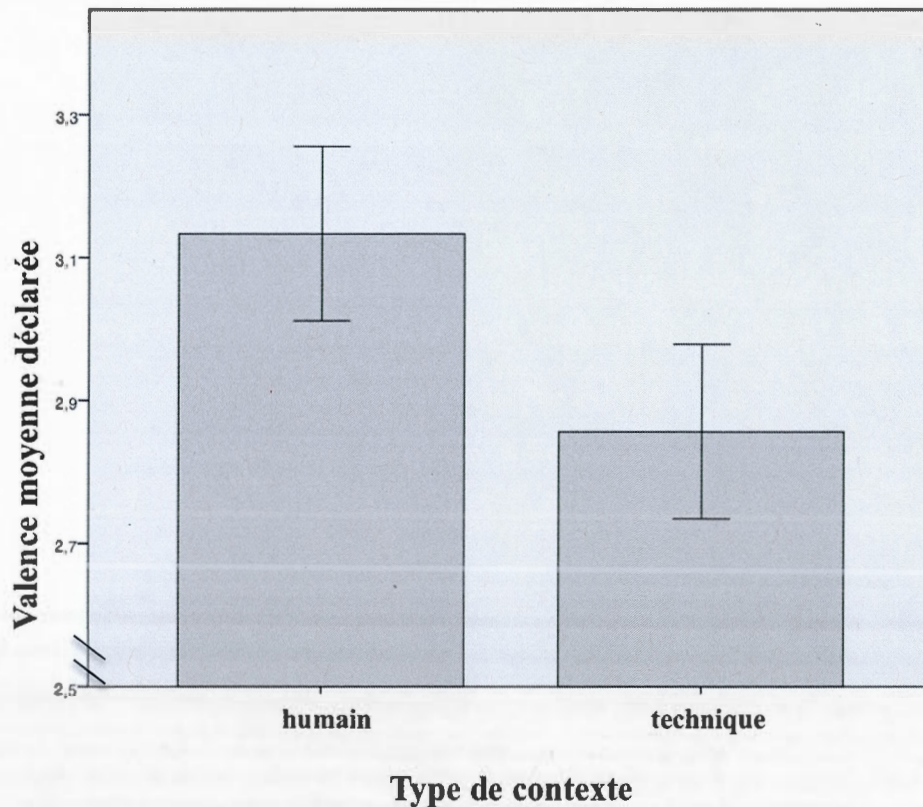


Figure 4.1 Graphique à bandes de la valence moyenne déclarée pour les contextes humains et techniques (Bâtons de variation : 95 % IC)

Les tableaux 4.2 et 4.3 présentent la comparaison des moyennes de la valence déclarée pour les contextes humains et techniques. En moyenne, les exercices à contexte humain ont suscité une valence plus positive que les exercices à contexte technique. La valence moyenne déclarée par les participantes pour les exercices à contexte humain est de 3,1 (écart-type = 0,4) alors que pour les exercices à contexte technique elle est de 2,9 (écart-type = 0,5). Cette différence est statistiquement significative ($t(13) = 2,469$; $p_{\text{unilatéral}} = 0,015$) et ($Z(13) = -2,081$; $p = 0,02$) et la taille de l'effet est importante (Cohen, 1969) (d de Cohen = 0,68).

Tableau 4.2 Comparaison de la valence moyenne déclarée pour les contextes humains et techniques ($N=13$)

Test-t d'échantillons appariés					
	Moyenne	Écart-type	t	degré de liberté	seuil de signification (unilatéral)
contextes humains	3,1	0,4	2,469	12	0,015
contextes techniques	2,9	0,5			

Tableau 4.3 Comparaison de la valence moyenne déclarée pour les contextes humains et techniques (N=13)

Test des rangs signés de Wilcoxon					
		<i>N</i>	Rang moyen	<i>Z</i>	seuil de signification (unilatéral)
contextes humains	Rangs négatifs	8 ^a	5,00	-2,081 ^d	0,02
	Rangs positifs	1 ^b	5,00		
contextes techniques	<i>Ex aequo</i>	4 ^c			
	Total	13			

- a. valence pour les contextes techniques < valence pour les contextes humains
- b. valence pour les contextes techniques > valence pour les contextes humains
- c. valence pour les contextes techniques = valence pour les contextes humains
- d. basés sur les rangs positifs

4.1.2 L'*arousal*

Le deuxième facteur de l'engagement émotionnel, l'*arousal*, a été comparé à l'aide de trois mesures faites sur le tracé d'activité électrodermale, la fréquence des réponses électrodermales spontanées, le niveau moyen d'activité électrodermale et la variance moyenne du niveau d'activité électrodermale. Parmi les 130 données possibles pour chacune des trois mesures (13 participantes; 10 exercices), 41 étaient manquantes (32 % du total). Les observations incomplètes ont été exclues de l'analyse statistique. La proportion de données manquantes peu paraître élevée, toutefois, il faut considérer que les participantes étaient autorisées à quitter après 60 minutes qu'elles aient terminé ou non. De plus, pour trois d'entre elles, des problèmes techniques ont empêché l'enregistrement adéquat des données. Selon Erath, El-Sheikh, Hinnant et Cummings (2011), il est courant dans les recherches en

psychophysiologique que 8 à 9 % des participants ne possèdent pas un tracé d'activité électrodermale interprétable dû à des défaillances techniques.

Aussi, comme il a été spécifié au chapitre III – Méthodologie, lorsqu'une variable est comparée à partir de plusieurs moyennes (tests multiples), le seuil de signification des résultats doit être ajusté de sorte à atténuer le risque réel pour l'ensemble des tests de conclure à tort à la significativité des différences. Le tableau présentant le calcul des seuils de signification pour les trois moyennes comparées se trouve à l'appendice E (Holm, 1979; Larzelere et Maluaik, 1977).

4.1.2.1 La variance moyenne du niveau d'activité électrodermale

Les données de la variance moyenne du niveau d'activité électrodermale de dix participantes sur un total de treize ont été correctement enregistrées. La variance moyenne du niveau d'activité électrodermale correspond à l'écart-type de l'amplitude du tracé à la puissance deux, en microsiemens. Les données sont normalement distribuées puisque le test de Kolmogorov-Smirnov n'est pas significatif (voir tableau 4.4).

Tableau 4.4 Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov de la variance moyenne du niveau électrodermal (N=13)

	Statistique K-S ^a	degré de liberté	seuil de signification
contextes humains	0,213	10	0,20
contextes techniques	0,213	10	0,20

a. correction de signification de Lilliefors

L'examen du graphique à bandes à la figure 4.2 semble indiquer une différence significative entre la variance moyenne du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humains et techniques puisque les barres d'erreurs ne se recoupent pas et que les hauteurs des bandes sont différentes.

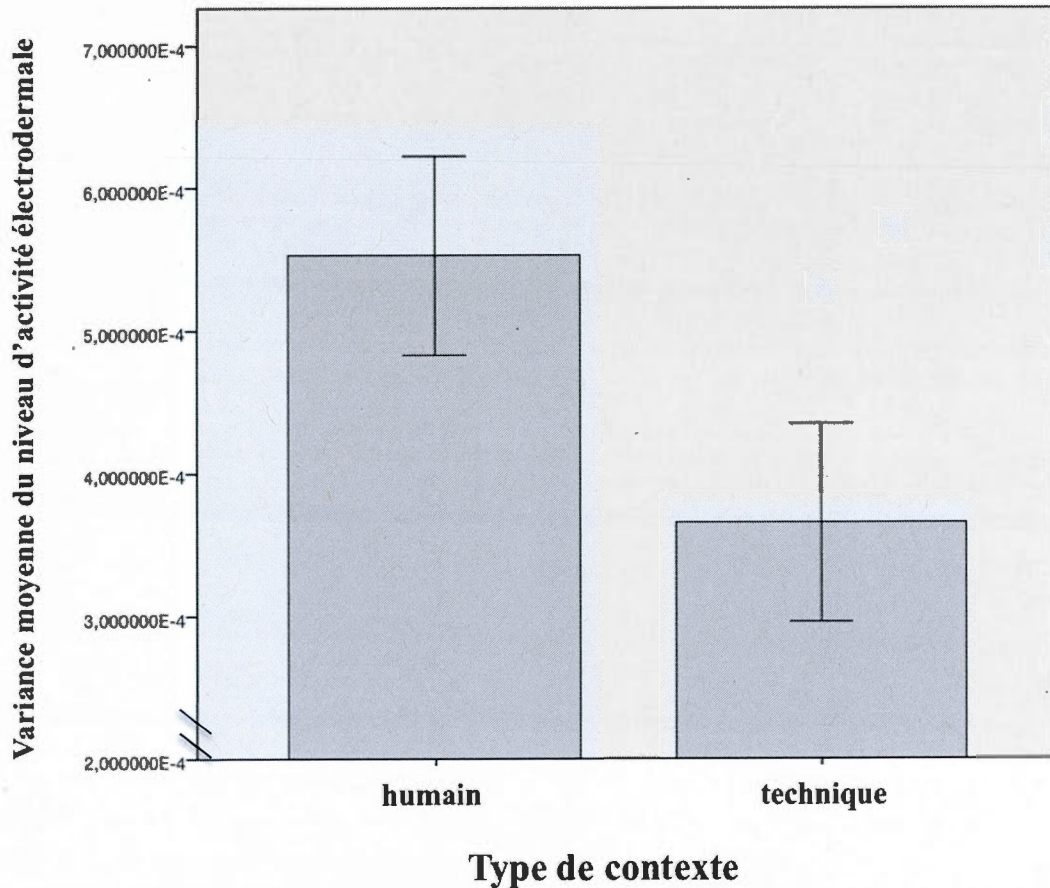


Figure 4.2 Graphique à bandes de la variance moyenne du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humain et technique (Bâtons de variation : 95 % IC)

Les tableaux 4.5 et 4.6 présentent la comparaison des variances moyennes du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humains et techniques. En moyenne, la variance du niveau d'activité électrodermale pendant la réalisation des exercices à contexte humain est plus élevée que pendant la réalisation d'exercices à contexte technique. La variance moyenne du niveau d'activité électrodermale pour les exercices à contexte humain est de 0,00055 (écart-type = 0,00047) alors que pour les exercices à contexte technique elle est de 0,00037 (écart-type = 0,00048). Cette

différence est statistiquement significative ($t(10) = 3,044$, $p_{\text{unilatéral}} = 0,005$) et ($Z(10) = -2,191$, $p = 0,015$) et la taille de l'effet est importante (d de Cohen. = 0,96).

Tableau 4.5 Comparaison de la variance moyenne du niveau électrodermal pour les contextes humains et techniques (N=10)

Test-T d'échantillons appariés					
	Moyenne	Écart-type	T	degré de liberté	seuil de signification (unilatéral)
contextes humains	0,00055	0,00047	3,044	9	0,005
contextes techniques	0,00037	0,00048			

Tableau 4.6 Comparaison de la variance moyenne du niveau électrodermal pour les contextes humains et techniques (N=10)

Test des rangs signés de Wilcoxon					
		N	Rang moyen	Z	seuil de signification (unilatéral)
contextes humains	Rangs négatifs	7 ^a	7,00	-2,191 ^d	0,015
	Rangs positifs	3 ^b	2,00		
contextes techniques	<i>Ex aequo</i>	0 ^c			
	Total	10			

- a. contextes techniques < contextes humains
- b. contextes techniques > contextes humains
- c. contextes techniques = contextes humains
- d. basés sur les rangs positifs

Comme la différence observée au niveau de la variance moyenne du niveau d'activité électrodermale est la plus significative, le seuil de signification critique selon le test de Holm (1979) et Larzelere et Mulaik (1977) à trois moyennes est de 0,017 (voir

appendice E). Ce seuil permet de rejeter l'hypothèse nulle du Test-t et du test des rangs signés de Wilcoxon selon laquelle aucune différence significative n'est observée. L'*arousal* mesuré par la variance moyenne du niveau d'activité électrodermale est donc effectivement significativement plus marqué pour les exercices à contexte humains que les exercices à contexte technique.

4.1.2.2 La moyenne du niveau d'activité électrodermale

Les données de la moyenne du niveau d'activité électrodermale de dix participantes sur un total de treize ont été correctement enregistrées pour les contextes humains et neuf pour les contextes techniques. La moyenne du niveau d'activité électrodermale correspond à la moyenne de l'amplitude du tracé en microsiemens. Les données sont normalement distribuées puisque le test de Kolmogorov-Smirnov n'est pas significatif (voir tableau 4.7)

Tableau 4.7 Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov de la moyenne du niveau d'activité électrodermale (N=13)

	Statistique K-S ^a	degré de liberté	seuil de signification
contextes humains	0,160	10	0,20
contextes techniques	0,160	9	0,20

a. correction de signification de Lilliefors

L'examen du graphique à bandes à la figure 4.3 semble révéler qu'aucune différence significative n'est observée entre les moyennes du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humains et techniques puisque les barres d'erreurs se recoupent que la hauteur des bandes est à première vue pratiquement identique.

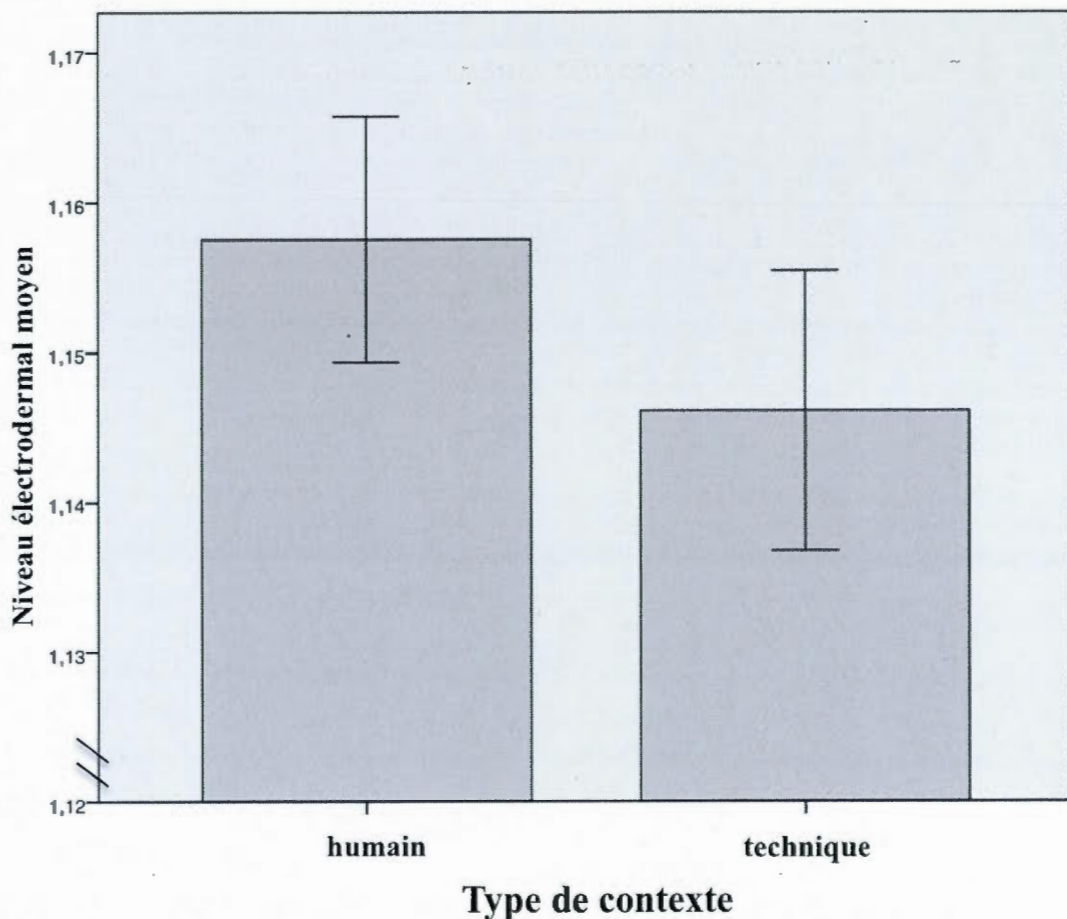


Figure 4.3 Graphique à bandes de la moyenne du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humains et techniques (Bâtons de variation : 95 % IC)

Les tableaux 4.8 et 4.9 présentent la comparaison des moyennes du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humains et techniques. En moyenne, le niveau d'activité électrodermale pendant la réalisation des exercices à contexte humain est pratiquement identique au niveau d'activité électrodermale pendant la réalisation d'exercices à contexte technique. La moyenne du niveau d'activité électrodermale pour les exercices à contexte humain est de 1,16 (écart-type = 0,16) alors que pour les exercices à contexte technique elle est de 1,15 (écart-type = 0,16). Cette différence

n'est pas statistiquement significative ($t(10) = 1,1585$, $p_{\text{unilatéral}} = 0,074$) et ($Z(10) = -1,326$, $p = 0,093$).

Tableau 4.8 Comparaison de la moyenne du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humains et techniques ($N=10$)

Test-T d'échantillons appariés					
	Moyenne	Écart-type	T	degré de liberté	seuil de signification (unilatéral)
contextes humains	1,16	0,16	1,1585	9	0,074
contextes techniques	1,15	0,16			

Tableau 4.9 Comparaison de la moyenne du niveau d'activité électrodermale pour les contextes humains et techniques ($N=10$)

Test des rangs signés de Wilcoxon					
		N	Rang moyen	Z	seuil de signification (unilatéral)
contextes humains	Rangs négatifs	6 ^a	6,75	-1,326 ^d	0,093
	Rangs positifs	4 ^b	3,63		
contextes techniques	<i>Ex aequo</i>	0 ^c			
	Total	10			

- a. contextes techniques < contextes humains
- b. contextes techniques > contextes humains
- c. contextes techniques = contextes humains
- d. basés sur les rangs positifs

Comme la différence observée au niveau de la moyenne du niveau d'activité électrodermale est au second rang en terme de significativité, le seuil de signification

critique selon le test de Holm (1979) et Larzelere et Mulaik (1977) à trois moyennes est de 0,025 (voir appendice E). Ce seuil ne permet pas de rejeter l'hypothèse nulle du Test-t et du test des rangs signés de Wilcoxon selon laquelle aucune différence significative n'est observée. L'*arousal* mesuré par la moyenne du niveau d'activité électrodermale n'est donc pas significativement plus marqué pour les exercices à contexte humains que les exercices à contexte technique.

4.1.2.3 La fréquence des réponses électrodermales spontanées

Les données de la fréquence des réponses électrodermales spontanées de dix participantes sur un total de treize ont été correctement enregistrées. La fréquence consiste en une mesure du nombre d'oscillations du tracé par unité de temps, représentant des réponses électrodermales spontanées, donc non attribuables à un stimulus. Les données sont normalement distribuées puisque le test de Kolmogorov-Smirnov n'est pas significatif (voir tableau 4.10)

Tableau 4.10 Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov de la fréquence moyenne des réponses électrodermales spontanées (N=10)

	Statistique K-S ^a	degré de liberté	seuil de signification
contextes humains	0,200	10	0,821
contextes techniques	0,218	10	0,769

a. correction de signification de Lilliefors

L'examen du graphique à bandes à la figure 4.4 semble révéler qu'aucune différence significative n'est observée entre les moyennes de la fréquence des réponses électrodermales spontanées pour les contextes humains et techniques puisque les barres d'erreurs se recoupent, que les écarts-types sont importants et les bandes sensiblement de la même hauteur.

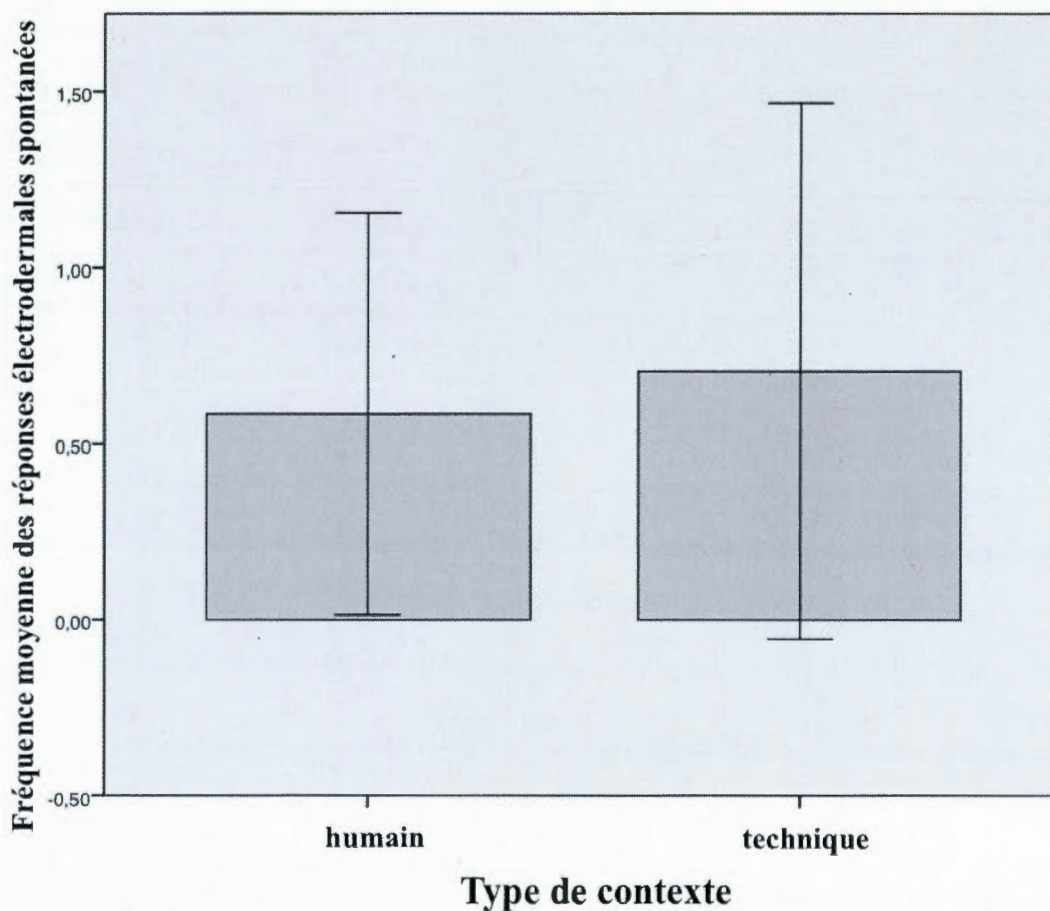


Figure 4.4 Graphique à bandes de la fréquence moyenne des réponses électrodermales spontanées pour les contextes humain et technique (Bâtons de variation : 95 % IC)

Les tableaux 4.11 et 4.12 présentent la comparaison des moyennes de la fréquence des réponses électrodermales spontanées pour les contextes humains et techniques. En moyenne, la fréquence des réponses électrodermales spontanées pendant la réalisation des exercices à contexte humain a suscité un *arousal* plus faible que les exercices à contexte technique. La fréquence moyenne pour les exercices à contexte humain est de 0,59 (écart-type = 0,34) alors que pour les exercices à contexte technique elle est de 0,71 (écart-type = 0,60). Cette différence n'est pas

statistiquement significative ($t(10) = -1,253$, $p_{\text{unilatéral}} = 0,121$) et ($Z(10) = -0,561$, $p = 0,288$).

Tableau 4.11 Comparaison de la fréquence moyenne des réponses électrodermales spontanées pour les contextes humains et techniques (N=10)

Test-T d'échantillons appariés					
	Moyenne	Écart-type	T	degré de liberté	seuil de signification (unilatéral)
contextes humains	0,59	0,34	-1,253	9	0,121
contextes techniques	0,71	0,60			

Tableau 4.12 Comparaison de la fréquence moyenne des réponses électrodermales non spécifiques pour les contextes humains et techniques (N=10)

Test des rangs signés de Wilcoxon					
		N	Rang moyen	Z	seuil de signification (unilatéral)
contextes humains	Rangs négatifs	5 ^a	4,40	-0,561	0,288
	Rangs positifs	5 ^b	6,60		
contextes techniques	<i>Ex aequo</i>	0 ^c			
	Total	10			

- a. contextes techniques < contextes humains
- b. contextes techniques > contextes humains
- c. contextes techniques = contextes humains
- d. basés sur les rangs négatifs

Comme la différence observée au niveau de la fréquence des réponses électrodermales spontanées est au troisième rang en terme de significativité, le seuil de signification critique selon le test de Holm (1979) et Larzelere et Mulaik (1977) à trois moyennes est de 0,05 (voir appendice E). Ce seuil ne permet pas de rejeter l'hypothèse nulle du Test-t et du test des rangs signés de Wilcoxon selon laquelle aucune différence significative n'est observée. L'*arousal* mesuré par la fréquence des réponses électrodermales spontanées n'est donc pas significativement plus marqué pour les exercices à contexte humains que les exercices à contexte technique.

4.2 Interprétation et limites des résultats

Après avoir présenté les résultats de la comparaison de la valence et de l'*arousal* de l'engagement émotionnel, la prochaine section en fera une brève interprétation puis identifiera les limites des résultats de la recherche.

Les résultats obtenus mènent à penser que les étudiantes n'éprouvent pas le même intérêt à réaliser des exercices de physique mécanique contextualisés à partir du corps humain qu'à partir de thèmes techniques. Lorsque l'on demande à des étudiantes de réaliser des exercices de physique mécanique et d'ensuite se prononcer sur l'intérêt suscité par chacun des exercices, elles répondent de manière significativement plus positive à propos des exercices à contextes humains. Ceci confirme les résultats obtenus notamment par Häussler *et al.* (1998) selon lesquels que les étudiantes sont principalement intéressées à apprendre comment la physique peut améliorer la condition humaine, comment la physique est appliquée en médecine et comment la physique est liée au corps humain. Les résultats vont aussi dans le même sens que ceux de Labudde *et al.* (2000) voulant que les étudiantes développent une attitude plus favorable à l'égard de la physique lorsqu'elle explique des expériences de leur quotidien ainsi que les conclusions de la synthèse de la littérature de Murphy et Whitelegg (2006) sur le sentiment de désengagement des étudiantes à l'égard des contextes scientifiques et techniques dans lesquels la physique est étudiée.

Les résultats obtenus peuvent aussi mener à penser que les contextes humains suscitent un *arousal* plus marqué que les contextes techniques. En effet, la différence de la variance du niveau d'activité électrodermale a permis de confirmer l'hypothèse selon laquelle des contextes humains suscitent un *arousal* plus marqué que les contextes techniques. Les deux autres paramètres mesurés à partir du tracé, la moyenne du niveau d'activité électrodermale et la fréquence des réponses électrodermales spontanées n'ont pas révélé de différences significatives entre les deux types de contextes.

Le fait que, selon nos résultats, seule la variance de l'activité électrodermale est significativement plus élevée pourrait indiquer que, pour détecter en temps réel l'*arousal*, il faille se concentrer sur la sensibilité de la réponse électrodermale plutôt que sur son niveau ou sa fréquence. Cette sensibilité persistante pourrait être le témoin d'un état d'éveil émotif qui se prolonge dans la durée et qui serait susceptible de déclencher ou d'entretenir l'intérêt des étudiantes pour la physique. Ceci pourrait d'ailleurs confirmer les résultats d'Hoffmann (2002) présentés à la section 1.2 à l'effet que les étudiantes seraient particulièrement plus sensibles que leurs collègues masculins au type de contexte utilisé pour l'étude de la physique. Toutefois, comme la mesure de l'*arousal* par l'activité électrodermale n'a jamais été réalisée dans ce genre de recherche sur le déclenchement de l'intérêt, il n'est pas possible de comparer les résultats obtenus à ceux de recherches antérieures. Malgré cela, ces premiers résultats dans ce domaine prometteur permettent de penser que d'autres recherches portant sur un plus grand échantillon pourraient obtenir des résultats encore plus significatifs.

Certaines nuances peuvent être apportées dans la lecture des résultats notamment en raison du caractère exploratoire de la recherche. D'abord, la tâche en physique en était à une première utilisation et bien qu'elle ait été validée par deux experts en didactique des sciences, elle n'a pas été préalablement testée par des participantes.

Par exemple, comme un même exercice était présenté avec les deux types de contexte à l'étudiante, lors de la deuxième présentation, certaines participantes passaient plus rapidement et cherchaient la réponse malgré le fait que les valeurs aient été changées et que l'ordre des choix de réponses ait été modifié. Il serait préférable dans une prochaine expérimentation de préparer plusieurs versions de la tâche dans lesquelles les exercices ne sont présentés que dans un seul type de contexte afin d'éviter les effets d'apprentissage et de lassitude engendrés par la répétition. Avec un plus large échantillon, il aurait été possible que chacune des participantes résolve moins d'exercices sans toutefois compromettre l'analyse des données. Une autre alternative aurait été de concevoir un plus grand bassin d'exercices et d'administrer aléatoirement une proportion de ces exercices à chaque participante, mais à ce moment, avec un échantillon de dix étudiantes, le problème d'équivalence des tâches se serait possiblement posé.

Ensuite, les résultats s'avèrent plus difficilement interprétables en raison de la petite taille de l'échantillon. Les analyses statistiques de premier niveau réalisées à partir d'un nombre restreint de données sont sensibles aux valeurs atypiques, sont susceptibles d'exagérer les contrastes et entraînent en une forte variabilité des estimations. La forte proportion de valeurs manquantes a aussi pu poser « problème lors de l'analyse des résultats puisque de manière générale, l'information doit être disponible pour toutes les variables pour qu'un sujet soit inclus dans les analyses statistiques. » (Rousseau, 2006 : 23).

Puis, dans la programmation de la tâche expérimentale, il a été décidé de placer des pauses de quinze secondes aléatoirement. Or, lors d'une prochaine collecte de données, il serait préférable de placer des pauses systématiquement entre chacun des exercices afin de pouvoir déduire du tracé d'activité électrodermale une mesure supplémentaire de l'*arousal* émotionnelle, la variation du niveau d'activité électrodermale. Cette mesure se calcule en soustrayant le niveau d'activité

électrodermal moyen pendant l'intervalle ou la pause précédant le stimulus au niveau d'activité électrodermale moyen pendant un stimulus. La variation du niveau d'activité électrodermale permet d'atténuer le biais dû à l'augmentation graduelle du niveau moyen d'activité électrodermale lors d'une exposition répétée à de nouveaux stimulus comme lors de la résolution de problèmes (Erath *et al.*, 2011). L'ajout systématique de pauses permet aussi d'atténuer l'effet de *priming*, c'est-à-dire la persistance de l'engagement émotionnel suscité par un problème antérieur qui influence l'engagement émotionnel suscité par le problème présenté juste après.

En somme, malgré les limites associées au design de la tâche expérimentale et les précautions nécessaires à l'interprétation de la mesure de l'activité électrodermale et à la sélection et la taille de l'échantillon, les résultats permettent de penser que la contextualisation de la physique peut jouer un rôle significatif dans le déclenchement de l'intérêt des étudiantes pour la physique. L'engagement émotionnel des étudiantes participant à cette recherche s'est avéré significativement plus positif, et en partie significativement plus marqué lors de la réalisation d'exercices contextualisés à partir du corps humain qu'à partir d'objets techniques. Il serait toutefois souhaitable, pour tirer des conclusions plus généralisables et plus robustes de réaliser une deuxième phase à la recherche.

4.3 Perspectives de recherche

Le problème du faible intérêt des étudiantes à l'égard de la physique a été abordé dans cette recherche d'une manière isolée. Le protocole de recherche développé a permis de vérifier que le type de contexte entourant un exercice de physique exerce un impact direct et immédiat sur l'engagement émotionnel des étudiantes, influençant ainsi le développement de l'intérêt à l'égard de la discipline. Pour améliorer la validité, la généralisabilité et la pertinence éducative des études qui suivront celle-ci, des ajustements et des perspectives de recherche complémentaires sont ici proposés.

D'abord, d'un point de vue méthodologique, l'utilisation de mesures psychophysiologiques semble constituer une avenue prometteuse pour répondre à certaines questions de recherche en éducation. En effet, cette étude constitue un exemple du niveau d'analyse supplémentaire d'une problématique éducative que procurent les données psychophysiologiques en complément à des données subjectives ou observées. Ces données ont permis d'observer en temps réel et de manière directe la première étape essentielle au déclenchement de l'intérêt, l'engagement émotionnel, et ainsi ajouter à la validité des résultats de recherche existants démontrant la pertinence d'inclure des contextes humains à l'étude de la physique pour intéresser les femmes. De plus, des dispositifs permettent aujourd'hui de mesurer le niveau d'activité électrodermale avec une technologie sans-fil, ce qui permet d'envisager de mener des recherches similaires, mais cette fois en contexte complètement authentique, c'est-à-dire en classe. Enfin, il pourrait être intéressant de développer un protocole de recherche non intrusif permettant de mesurer psychophysiologiquement et contextuellement l'engagement émotionnel de manière à en intégrer les deux facteurs, la valence et l'*arousal*. Le protocole développé pour cette recherche n'a permis d'étudier que les deux facteurs isolément alors que pour refléter de manière authentique l'impact d'une activité d'apprentissage en physique sur l'engagement émotionnel, il serait préférable de jumeler, pour chaque individu et chaque problème de physique, la valence et l'*arousal*.

À plus long terme, il est souhaitable que des recherches sur la contextualisation de la physique qui améliore l'intérêt des femmes continuent d'être menées en milieu scolaire et qu'elles permettent d'en documenter les effets à long terme, non seulement sur le développement de l'intérêt, mais aussi sur l'apprentissage et la confiance en soi. Éventuellement, dans la continuité de la recherche d'Häussler et Hoffmann (2002), la diversification de la contextualisation pourrait être combinée à d'autres changements pédagogiques pour évaluer l'effet des interactions entre les différentes interventions

possibles, notamment le style d'enseignement, l'approche mathématique ou l'organisation du temps de classe.

Il serait aussi intéressant d'aborder la problématique du faible intérêt à l'égard de la physique dans une perspective plus ouverte puisqu'elle pourrait possiblement concerner un groupe plus large que celui des femmes. Certains auteurs (p. ex. Crease, 2012) en appellent à considérer la problématique de la sous-représentation du point de vue des étudiants non traditionnels (minorités culturelles, religieuses ou visibles) plutôt que de catégoriser les étudiants uniquement selon leur genre. L'utilisation du genre comme facteur prédictif de motivation, d'attitude et d'intérêt à l'égard des sciences est, en effet, de plus en plus remise en cause. Des études, comme celle de Billington, Baron-Cohen et Wheelwright (2007), ont étudié la question de l'intérêt à poursuivre des études supérieures en sciences, mais du point de vue des styles cognitifs des étudiants plutôt que de leur genre. Selon leurs résultats, le style cognitif, qu'il soit plus empathisant, donc centré vers la compréhension des états psychologiques, ou plus systématisant, donc centré vers la compréhension des lois qui régissent un système, serait un prédictif plus fiable du choix d'étudier en sciences au niveau postsecondaire. Des recherches ultérieures pourraient donc prendre en considération cette nouvelle façon de concevoir le déclin de l'intérêt à l'égard de la physique et surtout comment l'enseignement de la physique peut aider les étudiants possédant un style cognitif empathisant dominant à développer leurs facultés systématisantes (Billington *et al.*, 2007). En s'intéressant à l'expérience que vivent les étudiants non traditionnels en physique plutôt que seulement celle des femmes, des recherches ultérieures éviteraient aussi de tomber dans le piège de la féminisation de la physique. Ainsi, plutôt que de viser de manière plus réductrice à adapter les programmes aux intérêts dits féminins, l'objectif devient plutôt d'ouvrir la physique à une diversité de perspectives quant à son utilité sociale, scientifique et éducative.

CONCLUSION

Comme il a été mentionné au premier chapitre portant sur la problématique, parmi les facteurs scolaires que l'on attribue au faible intérêt des étudiantes en physique, le choix des contextes des tâches scolaires attire l'attention de plusieurs chercheurs (Häussler et Hoffmann, 2002; Murphy et Whitelegg, 2006). Les concepts de physique sont, en effet, généralement présentés sans faire référence par exemple à leur implication pour l'être humain ou leur utilité sociale, des thèmes pourtant reconnus pour intéresser les étudiantes. Comme un engagement émotionnel est nécessaire au développement de l'intérêt pour une discipline (Hidi et Renninger, 2006), des chercheurs en appellent à identifier et valider des approches pédagogiques en physique qui avivent les émotions des étudiantes (Duit *et al.*, 1992). Cette recherche visait donc à valider que certains contextes suscitent effectivement un intérêt plus marqué chez les étudiantes en comparant, par une mesure psychophysiologique, l'engagement émotionnel suscité par des problèmes de physique associés à des contextes humains et à des contextes techniques.

Les résultats montrent que la contextualisation de la physique peut jouer un rôle significatif dans le déclenchement de l'intérêt des étudiantes pour la physique. L'engagement émotionnel des étudiantes participant à cette recherche s'est avéré significativement plus positif, et en partie significativement plus marqué lors de la réalisation d'exercices contextualisés à partir du corps humain qu'à partir d'objets techniques. Ceci confirme et renforce les résultats obtenus notamment par Häussler *et al.* (1998) à savoir que les étudiantes sont principalement intéressées à apprendre comment la physique peut améliorer la condition humaine, comment la physique est appliquée en médecine et comment la physique est liée au corps humain. La conclusion principale découlant des résultats de cette étude est que les étudiantes

n'éprouvent pas le même intérêt lors de la réalisation de problèmes de physique mécanique contextualisés à partir du corps humain qu'à partir de thèmes techniques.

Dans une perspective plus globale, le constat du faible intérêt qu'entretiennent les étudiantes à l'égard de la physique et ses contextes amène à questionner comment la contextualisation de la physique oriente le partage de son savoir et les motifs de son enseignement ou de sa pratique. Bien au-delà d'avoir simplement pour effet de modifier le matériel pédagogique, Murphy et Whitelegg (2006) soulignent que l'adaptation des contextes en physique suscite une réflexion profonde sur les finalités visées par l'enseignement de cette discipline. En effet, derrière le choix des contextes se trouve la raison d'être de la physique. Pour espérer une diversification de la contextualisation en physique, les scientifiques doivent reconnaître à la base que la masculinité et la physique se sont mutuellement influencées au cours des siècles et qu'aujourd'hui, une remise en question de cette coévolution est provoquée par le constat de l'iniquité persistante de l'accessibilité au domaine. Une situation qui, selon toute vraisemblance, discrimine les étudiantes, mais aussi possiblement certains groupes socioculturels.

Il est reconnu, à la fois par des recherches antérieures (p. ex. Häussler et Hoffmann, 2002) et, d'une manière plus modeste, par cette recherche que le matériel pédagogique contextualisé a le potentiel de stimuler l'intérêt à l'égard de la physique. Pourtant, l'ampleur de la problématique est largement sous-estimée par les professeurs de physique et la vaste majorité d'entre eux considèreraient qu'aucune action n'est nécessaire pour améliorer la participation des étudiantes en physique postsecondaire (Zohar et Bronshtein, 2005; Orr, 1985; Labudde *et al.*, 2000). Selon Blickenstaff (2005) la résistance des professeurs proviendrait en partie de la crainte d'une remise en cause les traditions scientifiques. Conséquemment, des recherches recommandent que d'abord, les professeurs soient sensibilisés à l'ampleur de la

problématique du faible intérêt et que les résultats de recherches leur soient rendus disponibles.

Pour que l'enseignement de la physique intéresse les femmes, pour qu'il ne se limite pas à développer seulement un raisonnement qui considère la physique pour elle-même ou comme un outil de développement technique, Zohar et Bronshtein (2005) insistent sur l'importance de valoriser une diversité des pratiques scientifiques. La solution au désengagement des étudiantes en physique ne réside bien sûr pas seulement le fait de remplacer le type de raisonnement actuellement dominant par un autre, mais plutôt d'inciter les professeurs à s'intéresser à différentes voies d'accès à la connaissance scientifique (Murphy et Whitelegg, 2006). Comme l'écrivent Nair et Mejetich (1995 : 29),

In the long term, we may be better off with fewer highly trained physicists but a large number of people with a general technical background, and the teaching style in introductory courses should be adjusted accordingly.

APPENDICE A

TÂCHE EXPÉRIMENTALE

EXERCICE 1.1 (contexte humain)

Deux conducteurs de voiture entrent en collision. Le premier conduit une petite voiture et le second, un véhicule utilitaire sport (VUS). Comment expliquez que le conducteur de la petite voiture peut encourir un plus grand risque de blessure?

Choix de réponse

1. La petite voiture subira la plus grande accélération
2. Le VUS subira la plus grande accélération
3. Les deux véhicules subiront la même accélération, mais la petite voiture subira une plus grande force
4. Aucun des deux véhicules ne subira d'accélération, mais la petite voiture subira une plus grande force

EXERCICE 1.2 (contexte technique)

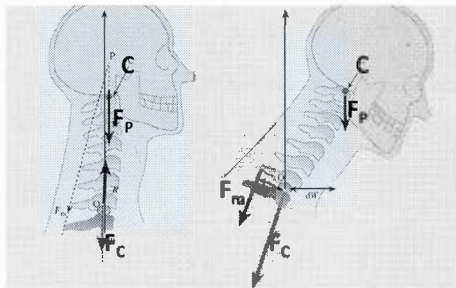
Dans un collisionneur de particules, un faisceau de protons entre en collision frontale avec un faisceau d'ions Plomb qui possèdent une masse considérablement plus importante que les protons. Comment expliquez-vous que les protons soient plus désagrégés que les ions Plomb à la suite de la collision?

Choix de réponse

1. Aucune des deux particules (protons et ions Plomb) ne subira d'accélération, mais les protons subiront une plus grande force
2. Les ions Plomb subissent la plus grande accélération
3. Les deux particules (protons et ions Plomb) subiront la même accélération, mais les protons subiront une plus grande force
4. Les protons subissent la plus grande accélération

EXERCICE 2.1 (contexte humain)

Le maintien de la tête en position inclinée représente un facteur de risque pour le développement de blessures du cou, par exemple lorsqu'un individu travaille à l'ordinateur.



Soit:

- le poids de la tête et du cou (F_p),
- la tension dans les muscles (F_m)
- la force de compression résultante (F_c).

Dans des conditions statiques la sommation de toutes les composantes des forces doivent correspondre à zéro ($\sum F_i = 0$ et $\sum F_i d_i = 0$).

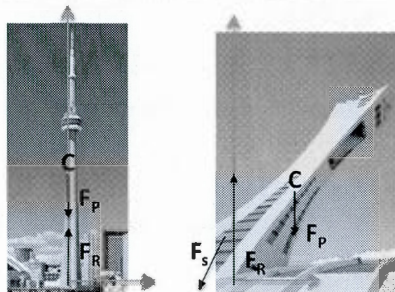
Selon le schéma, comment expliquer, d'un point de vue mécanique, qu'une posture où la tête est inclinée augmente la force de compression (F_c) sur la vertèbre à la base du cou de plusieurs fois le poids de la tête et du cou par rapport à une posture droite?

Choix de réponse

1. Le centre de masse (C) du poids de la tête et du cou (F_p) n'est pas situé au même endroit selon que l'on est en position verticale ou en flexion du cou
2. En position inclinée, l'activité de la musculature du cou (F_m) est réduite
3. En position inclinée, la distance horizontale entre le centre de masse (C) de la tête et du cou et la vertèbre à la base du cou augmente
4. En position inclinée, le poids de la tête et du cou est plus grand

EXERCICE 2.2 (contexte technique)

La construction d'une tour inclinée représente, pour les ingénieurs, un défi supplémentaire notamment en raison de la force de compression résultante à la base de la structure.



Soit:

- C le centre de masse
- le poids (F_p),
- la tension exercée par la structure (F_s)
- la force en réaction à la compression (F_R).

Selon le schéma, comment expliquer, d'un point de vue mécanique, qu'une tour inclinée augmente la force en réaction à la compression (F_R) sur la base de la structure de plusieurs fois le poids de la tour? (En supposant que les deux tours sont en tout point identiques mis à part leur inclinaison)

Choix de réponse

1. Le centre de masse (C) de la tour n'est pas situé au même endroit selon que la tour soit parfaitement verticale ou inclinée
2. Sur une tour inclinée, la tension exercée par la structure (F_s) est réduite
3. Le poids d'une tour inclinée est plus grand
4. Sur une tour inclinée, la distance horizontale entre le centre de masse (C) de la tour et la base de la tour augmente

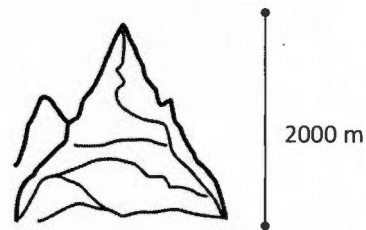
EXERCICE 3.1 (contexte humain)

Un randonneur d'endurance de 70 kg effectue l'ascension difficile d'une montagne dont le dénivelé est de 2000 m, il ne peut se permettre de transporter de la nourriture avec lui pendant la montée, il devra donc la faire sans manger. Il veut savoir combien de poids il peut s'attendre à perdre.

L'énergie potentielle gagnée par le randonneur résulte de l'effort musculaire rendu possible par la conversion d'énergie chimique en énergie mécanique. Le rendement de conversion n'est que de 25% (c'est-à-dire que l'énergie mécanique produite ne vaut que 25% de l'énergie chimique). Sachant qu'un gramme de tissu adipeux fournit environ 30 kJ d'énergie chimique, estimez la masse perdue par le randonneur attribuable à la montée, en supposant que toute l'énergie chimique vient des tissus adipeux.

Énergie potentielle = mgh

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

**Choix de réponse**

1. 11 g
2. 11 kg
3. 183 g
4. 1 kg

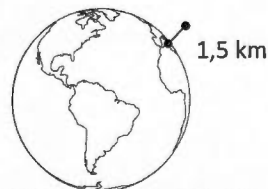
EXERCICE 3.2 (contexte technique)

Dans le cadre d'un programme d'étude sur l'atmosphère, une équipe de scientifiques envoie une mini fusée-sonde à 1,5 km d'altitude. La fusée est lancée verticalement et équipée d'une centaine de kilogrammes de matériel expérimental. Sa masse totale, incluant le matériel et le kérosène (carburant) est de 1 400 kg.

L'énergie potentielle gagnée par la fusée résulte de l'action du moteur rendu possible par la conversion de l'énergie chimique en énergie mécanique. Le rendement de conversion n'est que de 60% (c'est-à-dire que l'énergie mécanique produite ne vaut que 60 % de l'énergie chimique). Sachant qu'un gramme de kérosène fournit environ 45 kJ d'énergie chimique, estimez la masse de kérosène à prévoir pour atteindre l'altitude voulue.

Énergie potentielle = mgh

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$

**Choix de réponse**

1. 69 kg
2. 762 kg
3. 3 kg
4. 76 200 g

EXERCICE 4.1 (contexte humain)

Le centre de gravité (S) d'un individu se situe à 3 cm (l_p) des vertèbres et la masse du haut du corps est de 40 kg (m_p). Le moment de force exercé par la masse se calcule donc par:

$$\tau = F_p l_p = (40 \text{ kg})(9,8 \text{ Nkg}^{-1})(3\text{cm}) = \sim 400 \text{ N X 3 cm}$$

Pour rester droit, les muscles du dos situés 5 cm derrière les vertèbres, doivent compenser le moment de force par F_M . À l'équilibre,

$$\Sigma \tau = 0 \text{ donc } \tau_p + \tau_m = 0 \text{ et } \tau_p = \tau_m$$

$$400 \text{ N X 3 cm} = F_M \text{ X 5 cm}$$

$$F_M = 240 \text{ N}$$

La force résultante sur les disques intervertébraux est donc:

$$\begin{aligned} R &= F_p + F_m \\ &= 400 \text{ N} + 240 \text{ N} \\ &= 640 \text{ N} \end{aligned}$$

Si l'individu accumule une masse supplémentaire de 10 kg au ventre, le centre de gravité du haut du corps est déplacé vers l'avant à 6 cm. Le moment de force exercé par la masse se calcule maintenant par:

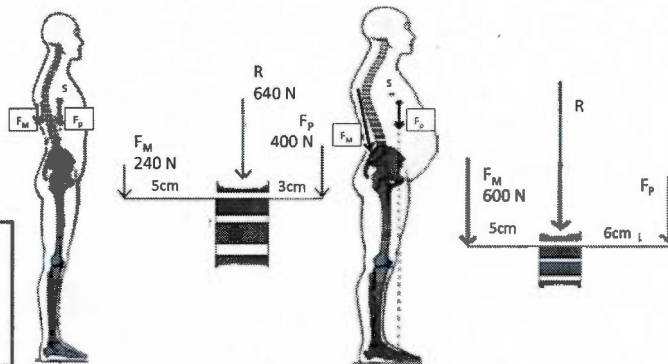
$$\tau = F_p l_p = (50 \text{ kg})(9,8 \text{ Nkg}^{-1})(6\text{cm}) = \sim 500 \text{ N X 6 cm}$$

Pour rester droit, les muscles du dos, toujours situés 5 cm derrière le centre des vertèbres, doivent compenser le moment de force en exerçant une force F_M .

Comment la force résultante sur les disques intervertébraux a-t-elle variée?

Choix de réponse

1. Elle est restée semblable.
2. Elle a augmenté légèrement.
3. Elle a presque doublé.
4. Elle a presque quadruplé.



EXERCICE 4.2 (contexte technique)

Grâce au système de contrepoids, la résultante des forces sur une grue à tour est toujours positionnée sur le corps de la grue. Le monte-charge d'une grue se situe à 5 m (l_p) du corps et la masse de la charge est de 500 kg (m_p). Le moment de force exercé par la masse se calcule donc par:

$$\tau = F_p \cdot l_p = (500 \text{ kg})(9,8 \text{ Nkg}^{-1})(5\text{m}) = \sim 4900 \text{ N} \times 5 \text{ m}$$

Pour rester à l'équilibre, le contrepoids, situé à son maximum, 6 m derrière le corps, compense le moment de force en exerçant une force F_{CP} . À l'équilibre,

$$\sum \tau = 0 \text{ donc } \tau_p + \tau_{CP} = 0 \text{ et } \tau_p = \tau_{CP}$$

$$4\,900 \text{ N} \times 5 \text{ m} = F_{CP} \times 6 \text{ m}$$

$$F_{CP} = 4\,083 \text{ N}$$

La force résultante sur le corps est donc:

$$\begin{aligned} R &= F_p + F_{CP} \\ &= 4\,900 \text{ N} + 4\,083 \text{ N} \\ &= 8\,983 \text{ N} \end{aligned}$$

Choix de réponse

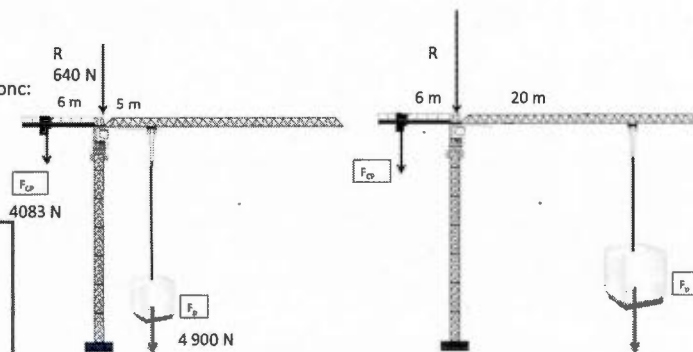
1. Elle a augmenté légèrement.
2. Elle a presque doublé.
3. Elle a presque triplé.
4. Elle a presque quadruplé.

Si la grue soulève plutôt une charge de 600 kg et que celle-ci se trouve à 20 m du corps, Le moment de force exercé par la masse se calcule maintenant par:

$$\tau = F_p \cdot l_p = (600 \text{ kg})(9,8 \text{ Nkg}^{-1})(20 \text{ m}) = \sim 5\,880 \text{ N} \times 20 \text{ m}$$

Pour rester à l'équilibre, un contrepoids, toujours situé à son maximum, 6 m derrière le corps, compense le moment de force en exerçant une force F_{CP} .

Comment la force résultante sur le corps de la grue a-t-elle variée?



EXERCICE 5.1 (contexte humaniste)

Une femme fait une chute du 4^e étage et atterrit dans le filet de sureté des secouristes 15 mètres plus bas. La femme étire le filet de sureté de 1 m avant de s'immobiliser. La vitesse de la victime juste avant de toucher le filet est de 17,15 m/s.

Sachant qu'une victime qui subit une décélération plus faible que 30 g (30 X 9,8 m/s²) a de bonnes chances de survie, déterminez la décélération moyenne ressentie, en valeur absolue, lors de l'amortissement de la chute dans le filet ainsi que les chances de survie.

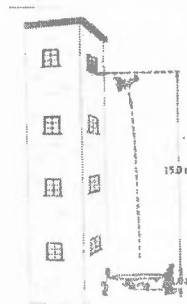
Équations de cinétique (accélération constante)

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$$v_{\text{moy}} = (v + v_0) / 2$$



Choix de réponse

1. $a = 15g$, les chances de survie sont bonnes.
2. $a = 0g$, c'est le filet qui décélère, pas la rescapée.
3. $a = 0,88g$, elle décélère très peu, les chances de survie sont excellentes.
4. $a = 147g$, la décélération est très intense, il y a risque que la chute soit fatale.

EXERCICE 5.2 (contexte technique)

Un ingénieur vérifie la conformité du convoyeur d'un centre de tri postal. Les colis sont envoyés sur le convoyeur à rouleau et font une chute avant d'atterrir sur un tapis. Lors d'un essai, un colis fait une chute de 0,7 mètre et atterrit sur un tapis qui s'écrase de 0,05 mètre avant que le colis ne s'immobilise. La vitesse du colis juste avant de toucher le tapis est de 3,7 m/s.

Sachant qu'un colis régulier (emballé dans un carton ondulé) qui subit une décélération plus faible que 8 g ($8 \times 9,8 \text{ m/s}^2$) devrait rester intact, déterminez la décélération moyenne du colis, en valeur absolue, lors de l'amortissement de la chute sur le tapis et les chances que le colis soit intact.

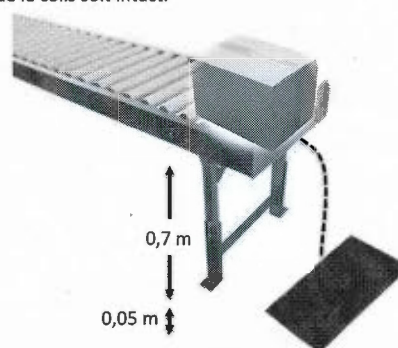
Équations de cinétique (accélération constante)

$$v = v_0 + at$$

$$x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$$

$$v_{\text{moy}} = (v + v_0) / 2$$



Choix de réponse

1. $a = 137g$, la décélération est très grande, la boîte ne résistera pas à la décélération.
2. $a = 0g$, c'est le tapis qui décélère, pas la boîte.
3. $a = 4g$, la boîte décélère peu, les chances qu'elle reste intacte sont excellentes.
4. $a = 14g$, la décélération est trop grande, il y a risque que la boîte se brise.

APPENDICE B

QUESTIONNAIRE DE MOTIVATION À L'ÉGARD DE LA PHYSIQUE

Traduction française du Science Motivation towards science learning (*SMTSL*)
Questionnaire - students' motivation toward science learning et substitution de « science »
pour « physique ». (Tuan, Chin-Chin, et Shieh, 2005)

Directives :

- Ce questionnaire contient des affirmations concernant votre motivation en physique.
- Pour chacune des affirmations, vous devrez exprimer votre degré d'accord ou de désaccord. Il n'y a pas de bonne ou de mauvaise réponse, nous voulons connaître votre opinion.
- Appuyer sur :
 1. Si vous êtes fortement en désaccord avec l'affirmation;
 2. Si vous êtes en désaccord avec l'affirmation;
 3. Si vous n'avez pas d'opinion;
 4. Si vous êtes en accord avec l'affirmation;
 5. Si vous êtes fortement en accord avec l'affirmation.

A. Sentiment d'efficacité					
	Fortement en désaccord	En désaccord	Sans opinion	En accord	Fortement en accord
1. Peu importe la difficulté de la matière en physique, je suis persuadé(e) de pouvoir comprendre.	1	2	3	4	5
2. Je suis peu confiant(e) quand vient le temps de comprendre des concepts difficiles en physique.	1	2	3	4	5
3. Je suis persuadé(e) de pouvoir bien performer dans les examens en physique.	1	2	3	4	5
4. Peu importe les efforts que je consacre à mes cours de physique, j'apprends difficilement.	1	2	3	4	5
5. Quand les travaux sont trop difficiles en physique, je les laisse tomber ou je ne fais que la partie la plus facile.	1	2	3	4	5
6. Dans les travaux de physique, je préfère demander les réponses aux autres que de réfléchir moi-même à la réponse.	1	2	3	4	5
7. Quand je trouve que la matière en physique est difficile, je ne tente pas de la comprendre.	1	2	3	4	5

B. Stratégies d'apprentissage		Fortement en désaccord	En désaccord	Sans opinion	En accord	Fortement en accord
8.	Lorsque j'apprends des concepts de physique, je tente de les comprendre.	1	2	3	4	5
9.	Lorsque j'apprends des concepts de physique, je fais des liens avec mon expérience.	1	2	3	4	5
10.	Lorsque je ne comprends pas un concept en physique, je trouve des ressources pour m'aider.	1	2	3	4	5
11.	Lorsque je ne comprends pas un concept en physique, je discute avec le professeur ou d'autres étudiants pour clarifier ma compréhension	1	2	3	4	5
12.	Lorsque j'apprends en physique, je tente de faire des liens entre les concepts.	1	2	3	4	5
13.	Lorsque je fais des erreurs, je tente de comprendre.	1	2	3	4	5
14.	Lorsque je suis confronté(e) à un concept que je ne comprends pas, je tente tout de même de l'apprendre.	1	2	3	4	5
15.	Lorsque j'apprends des concepts qui contredisent mes idées, je tente de comprendre pourquoi.	1	2	3	4	5

**C. L'importance
d'apprendre la physique**

	Fortement en désaccord	En désaccord	Sans opinion	En accord	Fortement en accord
16. Je pense qu'apprendre la physique c'est important puisqu'elle est utile.	1	2	3	4	5
17. Je pense qu'apprendre la physique c'est important parce que ça stimule la réflexion.	1	2	3	4	5
18. En physique, je crois qu'il est important d'apprendre à résoudre des problèmes.	1	2	3	4	5
19. En physique, je pense qu'il est important de participer à des activités d'investigation (ex : laboratoires ou recherches).	1	2	3	4	5
20. C'est important que j'aie des occasions de satisfaire ma curiosité personnelle en physique.	1	2	3	4	5

D. Performance en physique						
		Fortement en désaccord	En désaccord	Sans opinion	En accord	Fortement en accord
21.	Je participe au cours de physique pour avoir de bonnes notes.	1	2	3	4	5
22.	Je participe au cours de physique pour mieux performer que les autres étudiants.	1	2	3	4	5
23.	Je participe au cours de physique pour que les autres étudiants me trouvent intelligent(e).	1	2	3	4	5
24.	Je participe au cours de physique pour attirer l'attention du professeur.	1	2	3	4	5

E. Réussite en physique					
	Fortement en désaccord	En désaccord	Sans opinion	En accord	Fortement en accord
25. Dans un cours de physique, je me sens plus accompli(e) quand j'obtiens de bons résultats aux examens	1	2	3	4	5
26. Dans un cours de physique, je me sens plus accompli(e) quand je suis confiante à propos de la matière.	1	2	3	4	5
27. Dans un cours de physique, je me sens plus accompli(e) quand je réussis à résoudre un problème difficile.	1	2	3	4	5
28. Dans un cours de physique, je me sens plus accompli(e) quand le professeur reconnaît mes idées.	1	2	3	4	5
29. Dans un cours de physique, je me sens plus accompli(e) quand les autres étudiants reconnaissent mes idées.	1	2	3	4	5

F. L'environnement d'apprentissage					
	Fortement en désaccord	En désaccord	Sans opinion	En accord	Fortement en accord
30. Je participe dans les cours de physique parce que la matière est passionnante et qu'elle varie.	1	2	3	4	5
31. Je participe dans les cours de physique parce que le professeur utilise une variété de méthodes d'enseignement.	1	2	3	4	5
32. Je participe dans les cours de physique parce que le professeur ne met pas trop de pression sur moi.	1	2	3	4	5
33. Je participe dans les cours de physique parce que le professeur s'intéresse à moi	1	2	3	4	5
34. Je participe dans les cours de physique parce que ça me met au défi.	1	2	3	4	5
35. Je participe dans les cours de physique parce que la classe prend part à des discussions.	1	2	3	4	5

APPENDICE C

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

1. Accueil de la participante et rappel des précautions au niveau de l'éthique, de la confidentialité et de l'anonymat.
2. Installation des électrodes et branchement à l'encodeur MP35 *Biopac systems inc.*

Certains auteurs recommandent de laver ou de traiter la peau avant l'installation des électrodes, or, une synthèse des recherches récentes soutient que généralement, il n'y a aucune raison de prétraiter la peau. Dans le cas d'une peau très grasse, il pourrait être nécessaire de nettoyer la surface à l'aide d'alcool afin de permettre l'adhérence des électrodes. (Boucsein, 2012) Les fabricants, *Biopac systems inc.*, dissuadent les chercheurs d'abraser la peau. (Biopac, 2007)

3. Démarrage de la session d'enregistrement des données avec le logiciel *BSL Pro* de *Biopac systems inc.*
4. Vérification du confort du sujet et préparation à l'enregistrement
5. Ajustements et questions (si nécessaire)
6. Démarrage de la session dans le logiciel *E-prime*.
7. Consignes données à la participante :
 - Aucun retour en arrière n'est possible, il est donc important de réfléchir avant de choisir une réponse. Si une erreur est consciemment commise, il faut en informer la chercheuse qui prendra en note l'exercice concerné.

- Il est possible de poser des questions, ce n'est pas une évaluation ou un examen.

- On vous demande de faire de votre mieux.

À partir de ce moment, la tâche est autonome, c'est-à-dire que le logiciel E-prime présente les consignes et que la participante peut gérer elle-même le défilement de la tâche.

8. Administration du questionnaire de motivation à l'égard de la physique
9. Enregistrement de l'activité électrodermale maximale. La participante crève un ballon de fête.
10. Enregistrement de l'activité électrodermale minimale. La participante ferme les yeux et se repose deux minutes.
11. Les exercices de physique débutent. Au total, 24 exercices présentés aléatoirement composent la tâche. Cinq exercices contextualisés à partir du corps humain, cinq exercices contextualisés de manière technique et quatorze exercices décontextualisés qui ne font pas l'objet d'une analyse dans cette recherche. Quinze pauses de 20 secondes sont insérées aléatoirement dans la session. Après chacun des exercices, les participantes doivent répondre à une question sur l'intérêt suscité.
12. Après un maximum de 60 minutes, l'expérimentation se termine, que la participante ait ou non terminé tous les exercices.
13. Sollicitation de la rétroaction du sujet sur le déroulement et remerciement.

APPENDICE D

FORMULAIRES D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT (sujet mineur)

«La réponse émotionnelle lors de la réalisation d'exercices de physique mécanique»

IDENTIFICATION

Chercheur responsable du projet : Geneviève Allaire-Duquette

Programme d'enseignement : Maîtrise en sciences de l'éducation

Adresse courriel : [REDACTED] / Téléphone : [REDACTED]

BUT GÉNÉRAL DU PROJET ET DIRECTION

Votre enfant est invitée à prendre part à un projet de recherche visant à comprendre la réponse émotionnelle des étudiantes lors de la réalisation d'exercices de physique. Ce projet est réalisé dans le cadre d'un mémoire de maîtrise sous la direction de Patrick Charland et de Martin Riopel, professeurs au département d'éducation et pédagogie de la Faculté des sciences de l'éducation. Ils peuvent être joints au (514) 987-3000 poste 8269 ou poste 8982 ou par courriel à l'adresse : charland.patrick@uqam.ca ou riopel.martin@uqam.ca.

Le professeur de votre enfant a donné son accord à ce projet. La contribution de votre enfant favorisera l'avancement des connaissances dans le domaine de l'apprentissage de la physique.

PROCÉDURE(S)

Avec votre autorisation et l'accord de votre enfant, elle sera invitée à une session individuelle de réalisation d'exercices de physique au cours de laquelle son activité électrodermale sera mesurée. Pour ce faire, elle devra porter deux électrodes sur le bout des doigts. La séance sera réalisée dans un local du collège. Les électrodes permettent de déterminer le niveau de conductibilité électrique à la surface de la peau.

Les électrodes sont en contact avec la peau pour établir un circuit électrique. Il est possible que la chercheuse lui touche la main à l'endroit où doivent être installées les électrodes. Votre enfant devra indiquer à la chercheuse si elle est inconfortable avec le placement des électrodes. Votre enfant a le droit de refuser qu'elles soient placées sur son corps. Dans ce cas, la participation à l'expérimentation cessera. Les électrodes ne provoquent aucune douleur, ne nécessitent aucune pique et ne blessent la peau d'aucune manière. Lorsque les électrodes seront retirées après l'expérience, cela ne causera pas plus d'inconfort que de retirer un pansement.

Il sera demandé à votre enfant de répondre à un questionnaire de motivation en science au début de l'expérience, de réaliser les exercices et de répondre à un court questionnaire d'intérêt et de difficulté suite à chacun des exercices. L'expérience devrait prendre maximum une heure de son temps. Le lieu et l'heure de l'expérimentation sont à convenir avec le responsable du projet. La transcription sur support informatique qui en suivra ne permettra pas d'identifier votre enfant.

AVANTAGES ET RISQUES D'INCONFORT

Il n'y a pas de risque associé à la participation de votre enfant à ce projet. Sa participation contribuera à l'avancement des connaissances par une meilleure compréhension des facteurs affectifs de l'apprentissage de la physique. Avant le début de l'expérience, la chercheuse responsable démontrera l'installation des électrodes. Soyez assuré que la responsable du projet demeurera attentive à toute manifestation d'inconfort chez votre enfant durant sa participation.



Placement des électrodes pour la mesure de l'activité électrodermale (biopac.com)

Votre enfant demeurera libre de ne pas répondre à une question sans avoir à se justifier. Une ressource d'aide appropriée pourra lui être proposée s'il souhaite discuter de sa situation. Il est de la responsabilité de la chercheuse de suspendre ou de mettre fin à l'entrevue si elle estime que le bien-être de votre enfant est menacé.

ANONYMAT ET CONFIDENTIALITÉ

Il est entendu que les renseignements recueillis auprès de votre enfant sont confidentiels et que seuls, la responsable du projet, Geneviève Allaire-Duquette et sa direction de recherche, Patrick Charland et Martin Riopel, auront accès aux données et à leur transcription. Le matériel de recherche (fichiers contenant l'enregistrement électrodermal et les questionnaires) ainsi que le formulaire de consentement seront conservés séparément sous clé par la responsable du projet pour la durée totale du projet. Les fichiers contenant l'enregistrement électrodermal et les questionnaires, ainsi que les formulaires de consentement seront détruits lors du dépôt officiel du mémoire de recherche.

PARTICIPATION VOLONTAIRE

La participation de votre enfant à ce projet est volontaire. Cela signifie que même si vous consentez aujourd'hui à ce que votre enfant participe à cette recherche, il demeure entièrement libre de ne pas participer ou de mettre fin à sa participation en tout temps sans justification ni pénalité. Vous pouvez également retirer votre enfant du projet en tout temps. Votre accord à participer implique également que vous acceptez que la responsable du projet puisse utiliser aux fins de la présente recherche (articles, conférences et communications scientifiques) les renseignements recueillis à la condition qu'aucune information permettant d'identifier votre enfant ne soit divulguée publiquement.

COMPENSATION

Votre enfant ne sera pas compensée directement. Cependant, un résumé des résultats de recherche ainsi que son tracé d'activité électrodermale lui sera transmis au terme du projet et un tirage aura lieu pour récompenser la participation des étudiantes.

DES QUESTIONS SUR LE PROJET OU SUR VOS DROITS?

Vous pouvez contacter la responsable du projet, Geneviève Allaire-Duquette, au numéro (514) 987-3000 # 8269 pour des questions additionnelles sur le projet. Vous pouvez également discuter avec les directeurs de recherche, Patrick Charland et Martin Riopel, des conditions dans lesquelles se déroule la participation de votre enfant et de ses droits en tant que participant de recherche. Le projet auquel vous allez participer a été approuvé sur le plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains. Pour toute question ne pouvant être adressée aux directeurs de recherche ou pour formuler une plainte ou des commentaires, vous pouvez contacter le Président du Comité institutionnel d'éthique de la recherche, Marc Bélanger, au numéro (514) 987-3000 # 5021. Il peut être également joint au secrétariat du Comité au numéro (514) 987-3000 # 7753.

REMERCIEMENTS

Votre collaboration et celle de votre enfant sont essentielles à la réalisation de ce projet et nous tenons à vous en remercier.

AUTORISATION PARENTALE

En tant que parent ou tuteur légal de _____, je reconnais avoir lu le présent formulaire de consentement et consens volontairement à ce que mon enfant participe à ce projet de recherche. Je reconnais aussi que la responsable du projet a répondu à mes questions de manière satisfaisante, et que j'ai disposé

suffisamment de temps pour discuter avec mon enfant de la nature et des implications de sa participation. Je comprends que sa participation à cette recherche est totalement volontaire et qu'il peut y mettre fin en tout temps, sans pénalité d'aucune forme, ni justification à donner. Il lui suffit d'en informer un membre de l'équipe. Je peux également décider, pour des motifs que je n'ai pas à justifier, de retirer mon enfant du projet.

Votre enfant souffre-t-il d'allergies cutanées aigües? OUI NON NE SAIS PAS

Si vous avez répondu OUI à cette question, votre enfant ne pourra PAS participer à cette expérimentation.

J'accepte que mon enfant participe à la recherche OUI NON

Signature de l'enfant : _____ Date : _____ 2012

Signature du parent : _____ Date : _____ 2012

Prénom: _____ Nom : _____

Téléphone : (_____) _____ - _____

Adresse courriel : _____

Signature du responsable du projet : _____ Date : _____ 2012

FORMULAIRE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT (sujet majeur)
«La réponse émotionnelle lors de la réalisation d'exercices de physique mécanique»

IDENTIFICATION

Chercheur responsable du projet : Geneviève Allaire-Duquette

Programme d'enseignement : Maitrise en sciences de l'éducation

Adresse courriel [REDACTED] / Téléphone [REDACTED]

BUT GÉNÉRAL DU PROJET ET DIRECTION

Vous êtes invitée à prendre part à un projet de recherche visant à comprendre la réponse émotionnelle des étudiantes lors de la réalisation d'exercices de physique. Ce projet est réalisé dans le cadre d'un mémoire de maîtrise sous la direction de Patrick Charland et de Martin Riopel, professeurs au département d'éducation et pédagogie de la Faculté des sciences de l'éducation. Ils peuvent être joints au (514) 987-3000 poste 8269 ou poste 8982 ou par courriel à l'adresse : charland.patrick@uqam.ca ou riopel.martin@uqam.ca.

PROCÉDURE(S)

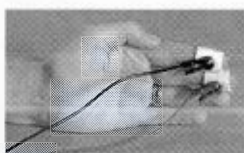
Votre participation consiste en une session individuelle de réalisation d'exercices de physique au cours de laquelle votre activité électrodermale sera mesurée. Pour ce faire, vous porterez deux électrodes sur le bout des doigts. La séance sera réalisée dans un local de votre collège ou université. Les électrodes permettent de déterminer le niveau de conductibilité électrique à la surface de la peau. Les électrodes sont en contact avec la peau pour établir un circuit électrique. Il est possible que la chercheuse vous touche la main à l'endroit où doivent être installées les électrodes. Vous devrez indiquer à la chercheuse si vous êtes inconfortable avec le placement des électrodes. Vous avez le droit de refuser qu'elles soient placées sur son corps. Dans

ce cas, la participation à l'expérimentation cessera. Les électrodes ne provoquent aucune douleur, ne nécessitent aucune pique et ne blessent la peau d'aucune manière. Lorsque les électrodes seront retirées après l'expérience, cela ne causera pas plus d'inconfort que de retirer un pansement.

Il vous sera demandé de répondre à un questionnaire de motivation en science au début de l'expérience, de réaliser les exercices et de répondre à un court questionnaire d'intérêt et de difficulté suite à chacun des exercices. L'expérience devrait prendre maximum une heure de votre temps. Le lieu et l'heure de l'expérimentation sont à convenir avec la responsable du projet. La transcription sur support informatique qui en suivra ne permettra pas de vous identifier.

AVANTAGES ET RISQUES D'INCONFORT

Il n'y a pas de risque associé à votre participation à ce projet. Votre participation contribuera à l'avancement des connaissances par une meilleure compréhension des facteurs affectifs de l'apprentissage de la physique. Avant le début de l'expérience, la chercheuse responsable démontrera l'installation des électrodes. Soyez assurée que la responsable du projet demeurera attentive à toute manifestation d'inconfort durant votre participation.



Placement des électrodes pour la mesure de l'activité électrodermale (biopac.com)

Vous demeurerez libre de ne pas répondre à une question sans avoir à vous justifier. Une ressource d'aide appropriée pourra vous être proposée si vous souhaitez discuter

de votre situation. Il est de la responsabilité du chercheur de suspendre ou de mettre fin à l'entrevue s'il estime que le bien-être de votre enfant est menacé.

ANONYMAT ET CONFIDENTIALITÉ

Il est entendu que les renseignements recueillis auprès de votre enfant sont confidentiels et que seuls, la responsable du projet, Geneviève Allaire-Duquette et sa direction de recherche, Patrick Charland et Martin Riopel, auront accès aux données et à leur transcription. Le matériel de recherche (fichiers contenant l'enregistrement électrodermal et les questionnaires) ainsi que le formulaire de consentement seront conservés séparément sous clé par le responsable du projet pour la durée totale du projet. Les fichiers contenant l'enregistrement électrodermal et les questionnaires, ainsi que les formulaires de consentement seront détruits lors du dépôt officiel du mémoire de recherche.

PARTICIPATION VOLONTAIRE

Votre participation à ce projet est volontaire. Cela signifie que même si vous consentez aujourd'hui à participer à cette recherche, vous demeurez entièrement libre de ne pas participer ou de mettre fin à votre participation en tout temps sans justification ni pénalité. Vous pouvez également vous retirer du projet en tout temps. Votre accord à participer implique également que vous acceptez que le responsable du projet puisse utiliser aux fins de la présente recherche (articles, conférences et communications scientifiques) les renseignements recueillis à la condition qu'aucune information permettant de vous identifier ne soit divulguée publiquement.

COMPENSATION

Vous ne serez pas compensée directement. Cependant, un résumé des résultats de recherche ainsi que votre tracé d'activité électrodermale vous seront transmis au terme du projet et un tirage aura lieu pour récompenser la participation des étudiantes.

DES QUESTIONS SUR LE PROJET OU SUR VOS DROITS?

Vous pouvez contacter la responsable du projet, Geneviève Allaire-Duquette, au numéro (514) 987-3000 # 8269 pour des questions additionnelles sur le projet. Vous pouvez également discuter avec les directeurs de recherche, Patrick Charland et Martin Riopel, des conditions dans lesquelles se déroule la participation de votre et de ses droits en tant que participant de recherche. Le projet auquel vous allez participer a été approuvé sur le plan de l'éthique de la recherche avec des êtres humains. Pour toute question ne pouvant être adressée aux directeurs de recherche ou pour formuler une plainte ou des commentaires, vous pouvez contacter le Président du Comité institutionnel d'éthique de la recherche, Marc Bélanger, au numéro (514) 987-3000 # 5021. Il peut être également joint au secrétariat du Comité au numéro (514) 987-3000 # 7753.

REMERCIEMENTS

Votre collaboration est essentielle à la réalisation de ce projet et nous tenons à vous en remercier.

AUTORISATION

Je _____ reconnais avoir lu le présent formulaire de consentement et consens volontairement à participer à ce projet de recherche. Je reconnais aussi que la responsable du projet a répondu à mes questions de manière satisfaisante, et que j'ai disposé de suffisamment de temps pour discuter de la nature de ma participation. Je comprends que ma participation à cette recherche est totalement volontaire et que je peux y mettre fin en tout temps, sans pénalité d'aucune forme, ni justification à donner. Il suffit d'en informer un membre de l'équipe. Je peux également décider, pour des motifs que je n'ai pas à justifier, de me retirer du projet.

Souffrez-vous d'allergies cutanées aiguës? OUI NON NE SAIS PAS

Si vous avez répondu OUI à cette question, vous ne pourrez PAS participer à cette expérimentation.

J'accepte de participer à la recherche OUI NON

Signature : _____ Date : _____ 2012

Prénom: _____ Nom : _____

Téléphone : (_____) _____ - _____

Adresse courriel : _____

Signature de la responsable du projet : _____ Date : _____ 2012

APPENDICE E

TEST DE HOLM (1979) ET DE LARZELERE ET MALUAIK (1977)

Stratégie de Holm (1979) et de Larzelere et
Mulaik (1977) : p moyennes sont comparées ($p = 3$)

Différence de moyenne (ordre décroissant)	Score t observé (unilatéral)	P-value critique	Interprétation
Variance du niveau d'activité électrodermale	$t = 3,044$ $p = 0,005$	$\alpha_c = \alpha_e / p$ $\alpha_c = 0,017$	La différence est significative
Moyenne du niveau d'activité électrodermale	$t = 1,585$ $p = 0,074$	$\alpha_c = \alpha_e / (p - 1)$ $\alpha_c = 0,025$	Aucune différence significative observée
Fréquence des réponses électrodermales spontanées	$t = -1,253$ $p = 0,121$	$\alpha_c = \alpha_e / (p - 2)$ $\alpha_c = 0,050$	Aucune différence significative observée

APPENDICE F

CONFIGURATIONS DU MONTAGE EXPÉRIMENTAL

1. Configuration informatique

Configuration de l'adresse du port parallèle

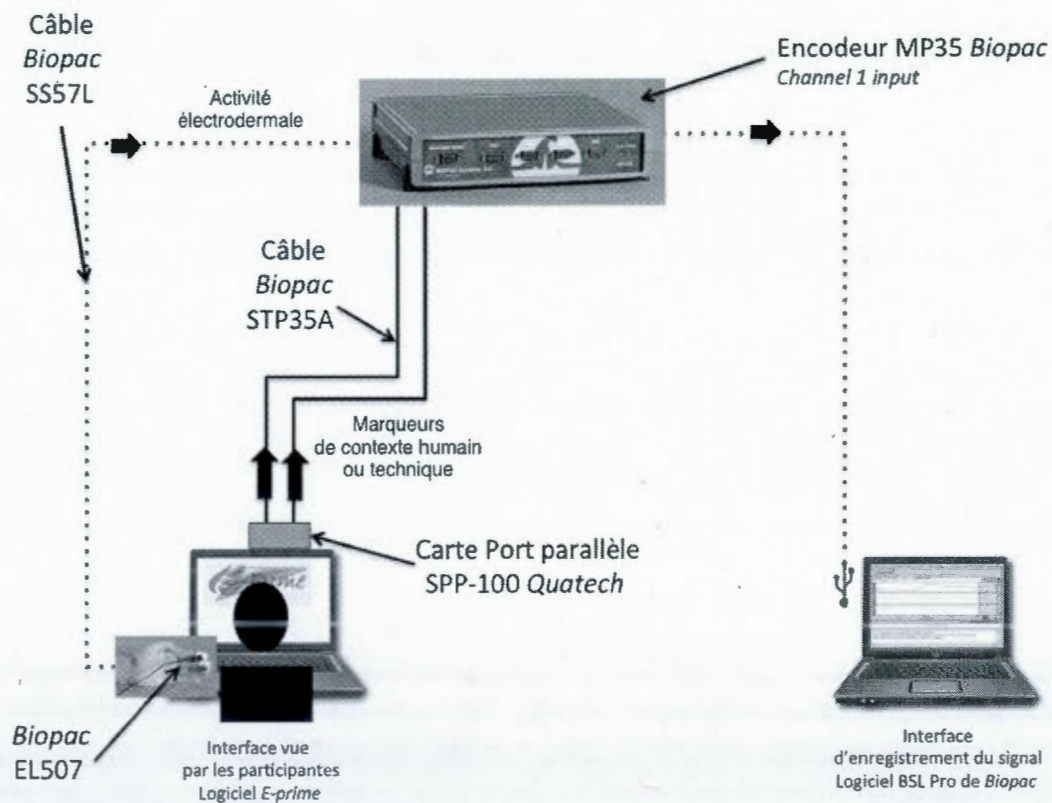
Dans « Panneau de configuration » > « Système » > « Matériel » > « Gestionnaire de périphérique », il faut vérifier que l'adresse du port parallèle qui par défaut peut être par exemple « &H378 » correspond à celle utilisée par E-Prime, dans ce cas, « LPT2 ». Les « digital markers » par défaut étaient « FFE8-FFEF » ont dû être modifié par 0400-0407 selon les indications du fabricant du port parallèle SPP-100, *Quatech*.

Insertion de marqueurs dans E-Prime

La ligne de code à utiliser est « WritePort &Haddress, value » où l'adresse du port parallèle est en notation hexadécimale et la valeur en notation binaire donc en forme développée la ligne de code devient « WritePort &Haddress, 00000000 ». Par exemple, la commande « WritePort &H400, 1 » signifie l'envoi du signal « 1 » sur la pin 2 (la pin 1 n'étant jamais disponible) ou 1 bit sur la pin 2. En résumé, pour envoyer un signal à la pin 2, la notation binaire est 00000001 qui s'écrit simplement 1.

	Digital 7	Digital 6	Digital 5	Digital 4	Digital 3	Digital 2	Digital 1	Digital 0
pin	9	8	7	6	5	4	3	2
bit	0	0	0	0	0	0	0	0

2. Équipement



RÉFÉRENCES

- Association des collèges et des universités du Canada (2007). Association des collèges et des universités du Canada (ACUC): Tendances dans le milieu universitaire, volume 2: Corps professoral. Ottawa.
- American Association of University Women (2010). Why so few? Women in science, technology, engineering, and mathematics. Washington, DC: American Association of University Women (AAUW).
- Ainley, M., Corrigan, M. et Richardson, N. (2006). Students, tasks and emotions: Identifying the contribution of emotions to students' reading of popular culture and popular science texts. *Learning and Instruction*, 15, 433-447.
- Alexander, P. A. (2004). A model of domain learning: Reinterpreting expertise as a multidimensional, multistage process. Dans D. Y. Dai et R. J. Sternberg (dir.), *Motivation, emotion, and cognition: Integrative perspectives on intellectual functioning and development* (p.273-298). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Alexander, P. A. (1997). Mapping the multidimensional nature of domain learning: The interplay of cognitive, motivational, and strategic forces. Dans M. L. Maehr et P. R. Pintrich (dir.), *Advances in motivation and achievement* (Vol. 10, p.213-250). Greenwich, CT: JAI.
- Anttonen, J. et Surakka, V. (2005). *Emotions and heart rate while sitting on a chair*. Communication présentée à la SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Portland, Oregon, USA.
- Arroyo, I., Cooper, D. G., Burleson, W., Woolf, B. P., Muldner, K. et Christopherson, R. (2009). *Emotion Sensors Go To School*. Communication présentée à la Conference on Artificial Intelligence in Education: Building Learning Systems that Care: From Knowledge Representation to Affective Modelling, Brighton.
- Bach, D. R., Friston, K. J. et Dolan R.J. (2010). Analytic measures for quantification of arousal from spontaneous skin conductance fluctuations. *International Journal of Psychophysiology*, 76, 52-55.

- Baram-Tsabari, A. et Yarden, A. (2008). Girls' biology, boys' physics: evidence from free choice science learning settings. *Research in Science and Technological Education*, 26(1), 75-92.
- Barinaga, M. (1994). Surprises across the cultural divide. *Science*, 263(11), 1467-1472.
- Bear, M. F., Connors, B. W. et Paradiso, M. A. (2010). *Neurosciences, à la découverte du cerveau* (3e ed.). Reuil-Malmaison, France: Pradel.
- Bennett, J. et Lubben, F. (2006). Context-based Chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 999-1015.
- Benta, K.I., Kuilenburg, H., Eligio, U.X., den Uyl, M., Cremene, M., Hoszu, A. et Cret, O. (2009) Evaluation of a System for Real-Time Valence Assessment of Spontaneous Facial Expressions, Dans *Distributed Environments Adaptability, Semantics and Security Issues International Romanian-French Workshop, Cluj-Napoca, Romania* (pp. 17-18).
- Bergin, D. A. (1999). Influences on classroom interest. *Educational Psychologist*, 34, 87-92.
- Billington, J., Baron-Cohen, S. et Wheelwright, S. (2007). Cognitive style predicts entry into physical sciences and humanities: Questionnaire and performance tests of empathy and systemizing. *Learning and Individual Differences*, 17(3), 260-268.
- Biopac Systems Inc. (2012). Education, Transducers, Electrodermal, EDA LEAD, BSL - SS57L. Récupéré le 25 avril 2013 du site : <http://www.biopac.com/electrodermal-activity-lead-bsl>
- Blickenstaff, J. C. (2005). Women and science careers: leaky pipeline or gender filter? *Gender and Education*, 17(4), 369-386.
- Bloom, B. (1985). The nature of the study and why it was done. Dans B. Bloom (dir.), *Developing talent in young people* (p.3-18). New York: Ballantine.
- Boucsein, W. (2012). *Electrodermal Activity* (2e ed.). New York: Springer.
- Boyer, R. et Tiberghien, A. (1989). Opinion de professeurs et d'élèves sur l'enseignement des sciences physiques au lycée. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, 712, 305-321.

- Bradley, M. M., Codispoti, M., Cuthbert, B. N. et Lang P. J. (2001). Emotion and Motivation I: defensive and appetitive reactions in picture processing. *Emotion* 1, 276-298.
- Cacioppo, J. T. et Tassinary, L. G. (1990). *Psychophysiology and psychophysiological inference*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Central Statistics Office (1992). *Social Trends 22*. London: H.M.S.O.
- Centre d'études collégiales en Charlevoix (2013). *Cote R*. Page consultée le 22 mars 2013 à partir de l'adresse: <http://ceccharlevoix.qc.ca/services-aux-etudiants/cote-r/>
- Chaire CRSNG-Industrielle Alliance pour les femmes en sciences et génie (2011). *Effectifs étudiants par secteur*. Page consultée le 18 juillet 2013 de l'adresse : <http://www.chaire-crsng-inal.fsg.ulaval.ca/fileadmin/docs/script.php?d=EtuSector&c=0&l1=bac&l=Sci>
- Cohen, J. (1969). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York: Academic Press.
- Committee on Women in Science Engineering and Technology (CWSET). (1994). *The Rising Tide: A Report on Women in Science, Engineering and Technology*. London: H.M.S.O.
- Crease, R. P. (2012). A Short History of Physics in the American Century. *Journal of American History*, 99(2), 636-637.
- Critchley, H. D. (2002). Electrodermal Responses: What Happens in the Brain. *The Neuroscientist*, 8(2), 132-140.
- Damasio, A. (1994). *Descartes' Error: Emotion, reason, and the human brain*. New York: G.P. Putnam.
- Dawson, C. (2000). Upper primary boys' and girls' interests in science: Have they changed since 1980? *International Journal of Science Education*, 22(6), 557-570.
- Dawson, M., E., Schell, A. M. et Filion, D. L. (2007). The Electrodermal System. Dans J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary et G. G. Berntson (dir.), *Handbook of Psychophysiology* (p.159-181). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Doberenz, S., Roth, W. T., Maslowski, N. I., Wollburg, E. et Sunyoung, K. (2011). Methodological Considerations in Ambulatory Skin Conductance Monitoring. *International Journal of Psychophysiology*, 80(2), 87-95.
- Dragon, T., Arroyo, I., Woolf, B. P., Burleson, W., Kaliouby, R., & Eydgahi, H. (2008). *Viewing Student Affect and Learning through Classroom Observation and Physical Sensors*. Communication présentée à la 9th international conference on Intelligent Tutoring Systems, Montreal, Canada.
- Duit, R., Häussler, P., Lauterbach, R., Mikelskis, H., et Westphal, W. (1992). Combining issues of girl-suited science teaching, STS and constructivism in a physics textbook. *Research in science education*, 22(1), 106-113.
- Ekman, P. (1999). *Facial Expressions*. New York: John Wiley & Sons.
- Erath, S. A., El-Sheikh, M., Hinnant, J. B., et Cummings, E. M. (2011). Skin Conductance Level Reactivity Moderates the Association Between Harsh Parenting and Growth in Child Externalizing Behavior. *Developmental Psychology*, 47(3), 693-706.
- Fairclough, S. H. (2009). Fundamentals of physiological computing. *Interacting with Computers*, 21, 133-145.
- Figner, B. et Murphy, R. O. (2011). Using skin conductance in judgment and decision making research. Dans M. Schulte-Mecklenbeck, A. Kuehberger et R. Ranyard (dir.), *A handbook of process tracing methods for decision research* (p.163-184). New York: Psychology Press.
- Gable, R. K. et Wolf, M. B. (1993). *Instrument Development in the Affective Domain. Measuring Attitudes and Values in Corporate and School Settings*. Boston: Kluwer Academic.
- Gardner, P. L. (1998). *The development of males' and females' interests in science and technology*. Conférence présentée à l'Interest and learning Secon conference on interest and gender, Kiel.
- Gardner, P. L. (1985). *Students' attitudes to science and technology: an international overview*. Conférence présentée à la 12th IPN-Symposium. IPN-Schriftenreihe 102, Kiel.
- Gardner, P. L. (1975). Attitude to science: A review. *Studies in Science Education*, 2, 1-41.
- Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence*. New York: Bantam Books.

- Haccoun, R.R. et Cousineau, D. (2010). *Statistiques : concepts et applications*. Montréal : Presses de l'Université de Montréal.
- Harackiewicz, J. M., Barron, K. E., Tauer, J. M. et Elliot, A. J. (2002). Predicting success in college: A longitudinal study of achievement goals and ability measures as predictors of interest and performance from freshman year through graduation. *Journal of Educational Psychology*, 94, 562-575.
- Harding, J. (1996). Science in a masculine strait-jacket. Dans L. H. Parker, L. J. Rennie et B. J. Fraser (dir.), *Gender, Science and Mathematics* (p.3-15). Dordrecht, Boston et London: Kluwer Academic Publishers.
- Hart, C. (1997). *How the examination shapes the subject: the case of VCE physics*. Adelaide: Australian Science Education Research Association.
- Häussler, P. et Hoffmann, L. (2002). An Intervention Study To Enhance Girls' Interest, Self-Concept, and Achievement in Physics Classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 870-888.
- Häussler, P. et Hoffmann, L. (1995). *An intervention study to enhance interest and performance of girls in physics classes*. Communication présentée à la National Association for Research in Science Teaching (NARST) Annual Meeting, San Francisco.
- Häussler, P., Hoffmann, L., Langeheine, R., Rost, J. et Sievers, K. (1998). A Typology of Students' Interest in Physics and the Distribution of Gender and Age within Each Type. *International Journal of Science Education*, 20(2), 223-238.
- Hebb, D. O. (1949). *The organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. New York: Wiley.
- Hennessy, S. (1993). Situated cognition and cognitive apprenticeship: implications for classroom learning. *Studies in Science Education*, 22, 1-41.
- Hersh, M. (2000). The changing position of women in engineering worldwide. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 47(3), 345-360.
- Hidi, S. (1990). Interest and its contribution as a mental resource for learning. *Review of Educational Research*, 60, 549-571.

- Hidi, S. (2003). *Interest: A motivational variable with a difference*. Communication présentée à la 10th Biennial Meeting of the European Association for Learning and Instruction, Padova, Italy.
- Hidi, S. et Baird, W. (1988). Strategies for increasing text-based interest and students' recall of expository texts. *Reading Research Quarterly*, 23, 465-483.
- Hidi, S. et Baird, W. (1986). Interestingness — A neglected variable in discourse processing. *Cognitive Science*, 10, 179-194.
- Hidi, S. et Harackiewicz, J. (2000). Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21st century. *Review of Educational Research*, 70, 151-179.
- Hidi, S. et Renninger, A. K. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111-127.
- Hidi, S., Renninger, K. A. et Krapp, A. (2004). Interest, a motivational variable that combines affective and cognitive functioning. Dans D. Y. Dai et R. J. Sternberg (dir.), *Motivation, emotion, and cognition: Integrative perspectives on intellectual functioning and development* (p.89-115). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Hinton, C., Miyamoto, K. et Della-Chiesa, B. (2008). Brain Research, Learning and Emotions: implications for education research, policy and practice1. *European Journal of Education*, 43(1), 87-103.
- Hoffmann, L. (2002). Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners. *Learning and Instruction*, 12, 447-465.
- Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 6(2), 65-70.
- Holmes, J., Burns, L., Marra, M., Stubbe, M. et Vine, B. (2003). Women managing discourse in the workplace. *Women in Management Review*, 18(8), 414-425.
- Ivie, R., Czujko, R. et Stowe, K. (2001). *Women Physicists Speak: The 2001 International Study of Women in Physics*. American Institute of Physics: Statistical Research Center.
- Ivie, R. et Stowe, K. (2000). *Women in Physics, 2000*. AIP Report R-430, College Park, MD.

- Izard, C. E. (1984). Emotion-cognition relationships and human development. Dans C. E. Izard, J. Kagan et R. B. Zajonc (dir.), *Emotions, cognition, and behaviour* (p.17-37). New York: Cambridge University Press.
- Jacques, P. A. et Viccari, R. M. (2005). Considering Student's Emotions in Computer Mediated Learning Environments. Dans M. Zongmin (dir.), *Web-based Intelligent e-Learning Systems: Technologies and Applications* (p.122-138). Hershey: Information Science Publishing.
- Jones, M. G., Howe, A. et Rua, M. J. (2000). Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. *Science Education*, 84(2), 180-192.
- Kortland, J. (2006). *Physics in personal, social and scientific contexts. A retrospective view on the Dutch Physics Curriculum Development Project PLON*. Communication présentée à la 2nd International IPN-YSEG Symposium. Context-Based Science Curricula., Kiel.
- Krapp, A. (2002). Structural and dynamic aspects of interest development: Theoretical considerations from an ontogenetic perspective. *Learning and Instruction*, 12, 383-409.
- Krapp, A. (1996). Die Bedeutung von Interesse und intrinsischer Motivation für den Erfolg und die Steuerung schulischen Lernens [Le rôle de l'intérêt et de la motivation intrinsèque dans la réussite scolaire]. Dans G. W. Schnaitmann (dir.), *Theorie und Praxis der Unterrichtsforschung. Methodologische und praktische Ansätze zur Erforschung von Lernprozessen* [Théorie et pratique de la recherche en éducation: Les approches méthodologiques et pratiques pour l'étude des processus d'apprentissage] (p.87-110). Donauwörth: Auer.
- Labudde, P., Herzg, W., Neuenschwander, M. P., Violi, E. et Gerber, C. (2000). Girls and physics: teaching and learning strategies tested by classroom interventions in grade 11'. *International Journal of Science Education*, 22(2), 143-157.
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M. et Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30(3), 261-273.
- Larzelere, R. E. et Mulaik, S. A. (1977). Single-sample tests for many correlations. *Psychological Bulletin*, 84, 557-569.

- Lavonen, J., Byman, R., Juuti, K., Meisalo, V. et Uitto, A. (2005). Pupil Interest in Physics: A Survey in Finland. *Nordina*, 72-85.
- LeDoux, J. E. (2000). Emotion circuits in the brain. *Annual Review of Neuroscience*, 23, 155-184.
- LeDoux, J. E. (1996). *The Emotional Brain: The mysterious underpinnings of emotional life*. New York: Simon & Schuster.
- Lin, H.-S., Hong, Z.-R. et Huang, T.-C. (2011). The Role of Emotional Factors in Building Public Scientific Literacy and Engagement with Science. *International Journal of Science Education*, 11, 1-18.
- Lipstein, R. et Renninger, K. A. (2006). « Putting things into words »: 12–15-year-old students' interest for writing. Dans P. Boscolo et S. Hidi (dir.), *Motivation and writing: Research and school practice*. New York: Kluwer Academic/Plenum.
- Lorenzo, M., Crouch, C. H. et Mazur, E. (2006). Reducing the gender gap in the physics classroom. *American Journal of Physics*, 74(2), 118-122.
- Lye, H., Fry, M. et Hart, C. (2001). What does it mean to teach physics in context: A first case study. *Australian Science Teacher's Journal*, 48, 16-22.
- Lykken, D. T., Rose, R. J., Luther, B. et Maley, M. (1966). Correcting psychophysiological measures for individual differences in rage. *Psychological Bulletin*, 66(481-484).
- Lykken, D. T. et Venables, P. H. (1971). Direct measurement of skin conductance: a proposal for standardization. *Psychophysiology*, 8(5), 656-672.
- Mehrabian, A. et Russell, J. A. (1974). *An approach to environmental psychology*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Ministère du Développement économique de l'Innovation et de l'exportation (2004). *Bilan de la progression des québécoises en sciences et en technologies de 1993 à 2003*. Bibliothèque nationale du Québec.
- Mitchell, M. (1993). Situational interest: Its multifaceted structure in the secondary school mathematics classroom. *Journal of Educational Psychology*, 85, 424-436.

- Murphy, P. (2000). Equity, assessment and gender. Dans J. Salisbury et S. Riddell (dir.), *Gender, policy and educational change: shifting agendas in the UK and Europe*. London/New York: Routledge.
- Murphy, P. (1994). Gender differences in pupils' reactions to practical work. Dans R. Levinson (Ed.), *Teaching Science*. London: Routledge.
- Murphy, P. (1990). Gender gap in the National Curriculum *Physics World*, 3(1), 11.
- Murphy, P. et Whitelegg, E. (2006). Girls and Physics: continuing barriers to « belonging ». *Curriculum Journal*, 17(3), 281-305.
- Myrand, M.-È. (2008). *Les femmes en sciences et génie: Les différents facteurs influençant leur sous-représentativité en milieux scolaire et professionnel* (Essai inédit présenté pour l'obtention du grade de MBA en management). Université Laval, Québec.
- Nagai, Y., Critchley, H. D., Featherstone, E., Trimble, M. R. et Dolan, R. J. (2004). Activity in ventromedial prefrontal cortex covaries with sympathetic skin conductance level: a physiological account of a « default mode » of brain function. *NeuroImage*, 22, 243-251.
- Nair, I. et Majetich, S. (1995). Physics and engineering in the classroom. Dans S. V. Rosser (dir.), *Teaching the majority: Breaking the gender barrier in science, mathematics, and engineering*. New York: Teacher College Press.
- Nakasone, A., Prendinger, H. et Ishizuka, M. (2005). *Emotion Recognition from Electromyography and Skin Conductance*. Communication présentée à la Fifth International Workshop on Biosignal Interpretation, Tokyo, Japan.
- Neumann, E. (1968). Thermal changes in palmar skin resistance pattern. *Psychophysiology*, 5, 103-111.
- Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (2007). *Comprendre le cerveau: naissance d'une science de l'apprentissage*. Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement (CERI).
- Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) (1986). *Girls and women in education: a cross-national study of sex inequalities in upbringing and schools and colleges*. Paris: OCDE.
- Ormerod, M. B. et Duckworth, D. (1975). *Pupils attitude to science. A review of research*. Windsor: NFER.

- Orr, P. (1985). Sex bias in schools: National perspectives. Dans R. Whyte, L. Deem, L. Kant et M. Cruickshank (dir.), *Girl Friendly Schooling* (pp. 7-23). London: Methuen.
- Osborne, J., Simon, S. et Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- Osborne, J. F. et Collins, S. (2000). *Pupil's and parents' views of the school science curriculum*. London: King's College London.
- Osborne, J., Driver, R. et Simon, S. (1998). Attitudes to science : issues and concerns. *School Science Review*, 79(288), 27-33.
- Osgood, C., Suci, G. et Tannenbaum, P. (1957). *The measurement of meaning*. Urbana, IL: University of Illinois.
- Palomba, D., Sarlo, M., Angrilli, A., Mini, A. et Stegagno, L. (2000). Cardiac responses associated with affective processing of unpleasant film stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 36(1), 45-57.
- Panksepp, J. (2003). At the interface of the affective, behavioral and cognitive neurosciences: Decoding the emotional feelings of the brain. *Brain and Cognition*, 52, 4-14.
- Panksepp, J. (1998). *Affective neuroscience: The foundations of human and animal emotion*. New York: Oxford University Press.
- Patten, K. E. (2011). The Somatic Appraisal Model of Affect: Paradigm for educational neuroscience and neuropedagogy. *Educational Philosophy and Theory*, 1(43), 87-97.
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W. et Perry, R. P. (2002). Academic Emotions in Students' Self-Regulated Learning and Achievement: A Program of Qualitative and Quantitative Research. *Educational Psychologist*, 37(2), 91-105.
- Piaget, J. (1989). Les relations entre l'intelligence et l'affectivité dans le développement de l'enfant. Dans B. Rimé et K. Scherer (dir.), *Les Émotions. Textes de base en psychologie*. (p.75-95). Paris: Delachaux et Niestlé.
- Powell, A., Bagihole, B., Dainty, A. et Neale, R. (2004). Does the engineering culture in the UK higher education advance women's careers? *Equal Opportunities International*, 23(7), 21-39.

- Rees, T. (2001). Mainstreaming gender equality in science in the European Union: the « ETAN Report ». *Gender and Education*, 13(3), 243-260.
- Reid, N. et Skyabina, E. (2003). Gender and Physics. *International Journal of Science Education*, 25(4), 509-536.
- Renninger, K. A. (2000). Individual interest and its implications for understanding intrinsic motivation. Dans C. Sansone et J. M. Harackiewicz (dir.), *Intrinsic and extrinsic motivation: The search for optimal motivation and performance* (p.375-407). New York: Academic.
- Renninger, K. A. (1992). Individual interest and development: implications for theory and practice. Dans K. A. Renninger et S. Hidi (dir.), *The role of interest in learning and development* (p.361-395). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Renninger, K. A. et Hidi, S. (2002). Student interest and achievement: Developmental issues raised by a case study. Dans A. Wigfield et J. S. Eccles (dir.), *Development of achievement motivation* (p.173-195). New York: Academic.
- Renninger, K. A., Sansone, C. et Smith, J. L. (2004). Love of learning. Dans C. Peterson et M. E. P. Seligman (dir.), *Character strengths and virtues: A classification and handbook* (p.161-179). New York: Oxford University Press.
- Rivière, A. et Godet, B. (2003). *L'affective computing: rôle adaptatif des émotions dans l'interaction Homme-Machine* (mémoire de maîtrise inédit). Université de Lille 3, Lille.
- Rosenthal, R. (1994). Parametric measures of effect size. Dans H. Cooper et L. V. Hedges (dir.), *The Handbook of Research Synthesis* (p.231-244). New York: Russel Sage Foundation.
- Rosenthal, R. (1991). *Meta-Analytic Procedures for Social Research*. Newbury Park, CA: Sage.
- Rousseau, M. (2006). *L'impact des méthodes de traitement des valeurs manquantes sur les qualités psychométriques d'échelles de mesure de type Likert* (thèse de doctorat inédite). Université Laval, Québec.
- Russell, T. et Black, P. J. (1988). *Science at Age 11: a review of APU survey findings 1980-84*. London: H.M.S.O.

- Sansone, C., Weir, C., Harpster, L. et Morgan, C. (1992). Once a boring task always a boring task? Interest as a self-regulatory mechanism. *Journal of Personality and Social Psychology*, 63, 379-390.
- Schreiner, C. et Sjoberg, S. (2004). *Sowing the seeds of Rose : Background, rationale, questionnaire development and data collection for ROSE (The Relevance of Science Education) – a comparative study of students' views of science and science education*. Oslo: Department of teacher education and school development. .
- Scott, A. B. et Mallinckrodt, B. (2005). Parental emotional support, science self-efficacy and choice of science major in undergraduate women. *The Career Development Quarterly*, 53(3), 263-274.
- Sévigny, J. et Deschênes, C. (2007). *Évolution des effectifs étudiants universitaires au Québec*. Chaire CRSNG-Industrielle Alliance pour les femmes en sciences et génie.
- Shen, H. (2013). Inequality quantified: Mind the gender gap. *Nature*, 495(7439), 22-24.
- Sheridan, J., Brennan, P., Carnes, M. et Handelsman, J. (2006). Discovering directions for change in higher education through the experience of senior women faculty. *Journal of Technology Transfer*, 31(3), 387-398.
- Silvia, P. J. (2001). Interest and interests: The psychology of constructive capriciousness. *Review of General Psychology*, 5, 270-290.
- Sloboda, J. A. (1990). Musical excellence—How does it develop? Dans M. Howe (dir.), *Encouraging the development of exceptional skills and talents* (p.165-178). Leicester, UK: British Psychological Society.
- Smith, C. A. et Ellsworth, P. C. (1985). Patterns of cognitive appraisal in emotion. *Journal of Personality and Social Psychology*, 48, 813-838.
- Sosniak, L. A. (1990). The tortoise, the hare, and the development of talent. Dans M. Howe (dir.), *Encouraging the development of exceptional skills and talents* (p.149-164). Leicester, UK: British Psychological Society.
- Srivastava, A. K. (1996). *Widening Access: Women in Construction Higher Education* (thèse de doctorat inédite). Leeds Metropolitan University.
- Staniec, J. (2004). The effects of race, sex and expected returns on the choice of college. *Eastern Economic Journal*, 30(4), 549-563.

- Stark, R. et Gray, D. (1999). Gender preferences in learning science. *International Journal of Science Education*, 21(6), 633-643.
- Stewart, M. (1998). Gender issues in physics education. *Educational Research*, 40, 283-293.
- Stokking, K. M. (2000). Predicting the choice of physics in secondary education. *International Journal of Science Education*, 22(12), 1261-1283.
- Strike, K. et Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. Dans R. Duschl et R. Hamilton (dir.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice* (p.147-176). Albany: State University of New York Press.
- Tai, R. H. et Sadler, P. M. (2001). Gender differences in introductory undergraduate physics performance: University physics versus college physics in the United States. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1017-1037.
- Taasoobshirazi, G. et Carr, M. (2008). A review and critique of context-based physics instruction and assessment. *Educational Research Review*, 3(2), 155-167.
- Tamir, P. (1989). Gender differences in science learning in Israeli high schools. Dans T. A. District (dir.), *Articles about Educational issues* (p.186-202). Tel Aviv: Israeli Ministry of Education.
- Teplan, M. (2002). Fundamentals of EEG Measurement. *Measurement Science Review*, 2 section 2, 1-11.
- Tranel, D., Fowles, D. C. et Damasio, A. R. (1985). Electrodermal discrimination of familiar and unfamiliar faces: A methodology. *Psychophysiology*, 22, 403-408.
- Trumper, R. (2006). Factors Affecting Junior High School Students' Interest in Physics. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 47-58.
- Tuan, H.-L., Chin-Chin, C. et Shieh, S.-H. (2005). The development of a questionnaire to measure students motivation towards science learning. *International Journal of Science Education*, 27(6), 639-654.
- Venables, P. H. et Christie, M. J. (1980). Electrodermal activity. Dans I. Martin et P. H. Venables (dir.), *Techniques in psychophysiology* (p.3-67). Chichester: Wiley.

- Venturini, P. (2004). Attitude des élèves envers les sciences : le point des recherches. *Revue française de pédagogie*, 149(149), 97-121.
- Volet, S. et Järvelä, S. (2001). *Motivation in learning contexts. Theoretical advances and methodological implications*. Amsterdam: Pergamon.
- Vygotsky, L. (1994). The Problem of the Environment. Dans R. Vander Veer et J. Vlasiner (dir.), *The Vygotsky Reader* (p.338-354). Cambridge, MA: Blackwell.
- Walberg, H. J. (1967): Dimensions of scientific interest in boys and girls studying physics. *Science Education*, 51, 111-116.
- Warrington, M. et Younger, M. (2000). The other side of the gender gap. *Gender and Education*, 12(4), 493-508.
- Weinburgh, M. (1995). Gender differences in student attitudes toward science: a meta-analysis of the literature from 1970 to 1991. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(4), 387-398.
- Whitelegg, E. (1996). The Supported Learning in Physics Project. *Physics Education*, 31(291), 291-296.
- Whitelegg, E. et Parry, M. (1999). Real-life contexts for learning physics: meanings, issues and practice. *Physics Education*, 34(2), 68-72.
- Wynarczyk, P. et Renner, C. (2006). The « gender gap » in the scientific labour market. *Equal Opportunities International*, 25(8), 660-675.
- Zohar, A. et Bronshtein, B. (2005). Physics Teachers' Knowledge and Beliefs Regarding Girls' Low Participation Rates in Advanced Physics Classes. *International Journal of Science Education*, 27(1), 61-77.
- Zohar, A. et Sela, D. (2003). Her Physics, His Physics: Gender Issues in Israeli Advanced Placement Physics Classes. *International Journal of Science Education*, 25(2), 245-268.