



# RAPPORT DE RECHERCHE

ÉVALUATION DE L'EXIGENCE PHYSIQUE À  
MONTER DES RAMPES D'ACCÈS EN FAUTEUIL  
ROULANT MANUEL CHEZ LES ADULTES ÂGÉS  
DE 18 À 64 ANS

**PROGRAMME DE  
SUBVENTIONS  
DE RECHERCHE**



# SCHL—AU CŒUR DE L'HABITATION

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) est l'organisme fédéral responsable de l'habitation. Elle aide les Canadiens à avoir accès à un vaste choix de logements de qualité, à prix abordable.

Le Programme d'assurance prêt hypothécaire de la SCHL a aidé de nombreux Canadiens à réaliser leur rêve de posséder une maison. La SCHL offre une aide financière pour que les Canadiens les plus démunis puissent se procurer un logement convenable, à prix abordable. Par l'entremise de ses activités de recherche, la SCHL stimule l'innovation dans les domaines suivants: conception des habitations, technologie du bâtiment, urbanisme, options de logement et financement. La SCHL s'associe également avec le secteur de l'habitation et les autres membres d'Équipe Canada afin de vendre les produits et le savoir-faire canadiens sur les marchés étrangers et, ainsi, de créer des emplois ici-même, au pays.

La SCHL offre aux consommateurs et aux membres du secteur de l'habitation une vaste gamme de produits d'information susceptibles de les aider à prendre des décisions éclairées concernant leurs achats ou leurs affaires. Avec la plus vaste gamme d'information sur l'habitation et les logements au Canada, la SCHL est le plus important diffuseur d'information sur l'habitation au pays.

Par ses activités, la SCHL contribue à l'amélioration de la qualité de vie des Canadiens, dans toutes les collectivités du pays. Elle les aide à vivre dans des maisons sûres à tout point de vue. Elle est vraiment « au cœur de l'habitation ».

Les Canadiens peuvent se procurer l'information diffusée par la SCHL dans différents points de vente et dans ses bureaux régionaux.

Vous pouvez aussi communiquer avec nous par téléphone : 1 800 668-2642  
(à l'extérieur du Canada : 613 748-2003)  
ou par télécopieur : 1 800 245-9274  
(à l'extérieur du Canada : 613 748-2016)

Pour nous joindre en direct, visitez notre page d'accueil à l'adresse suivante : [www.schl.ca](http://www.schl.ca)

La Société canadienne d'hypothèques et de logement souscrit à la politique du gouvernement fédéral sur l'accès des personnes handicapées à l'information. Si vous désirez obtenir la présente publication sur des supports de substitution, composez le 1 800 668-2642.

**ÉVALUATION DE L'EXIGENCE PHYSIQUE À MONTER DES RAMPES D'ACCÈS EN  
FAUTEUIL ROULANT MANUEL CHEZ LES ADULTES ÂGÉS DE 18 À 64 ANS.**

**RAPPORT DE RECHERCHE RÉDIGÉ PAR :**

**Jacqueline Rousseau, Ph. D.**

Professeure agrégée, Université de Montréal, École de réadaptation, programme d'ergothérapie et chercheure au Centre de recherche de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal.

**Rachid Aissaoui, Ph. D.**

Professeur agrégé, Département de génie de la production automatisée, École de technologie supérieure (ÉTS).

**Daniel Bourbonnais, Ph. D.**

Professeur titulaire, Université de Montréal, École de réadaptation, programme d'ergothérapie et chercheur au Centre de recherche de l'Institut de réadaptation de Montréal.

**Rédigé à l'intention de la Société canadienne d'hypothèques et de logement,**

**Programme de subventions de recherche**

**Agent de projet : Luis Rodriguez**

**Ce projet a été réalisé grâce à une contribution financière de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, dans le cadre du Programme de subventions de recherche. Les idées exprimées sont celles des auteurs et ne représentent pas le point de vue officiel de la SCHL.**

**décembre 2003**

## ABRÉGÉ

Cette étude explore l'exigence physique à monter, en fauteuil roulant manuel, les rampes d'accès selon les normes d'inclinaison: 1 :10, 1 :12 et 1 :20. Les hypothèses de recherche sont : 1) les exigences physiques varient selon la norme et 2) les capacités à mobiliser le fauteuil roulant varient avec l'âge. Un échantillon de 39 sujets « en pleine possession de leurs capacités physiques», des deux sexes, stratifié selon l'âge (18-39; 40-64 ans), a participé. Les résultats démontrent que l'exigence physique à monter une rampe d'accès est similaire pour les normes 1 :10 et 1 :12. Toutefois, l'exigence requise est significativement différente pour la norme 1 :20, c'est-à-dire qu'elle est plus facile à monter. Les résultats n'indiquent pas de différence liée à l'âge. Cette première étude offre une piste de réflexion quant à l'application des normes recommandées. D'autres études, auprès de la population âgée et pathologique, ainsi que sur les risques de bascule, sont nécessaires avant de statuer sur l'usage des normes.

## SOMMAIRE

### INTRODUCTION

Les obstacles environnementaux sont souvent une source d'isolement social. Tel que le démontrent la littérature et les politiques sociales élaborées depuis les quinze dernières années, des efforts ont été mis en place pour minimiser ces obstacles. Par exemple, l'aménagement de résidences privées et de lieux publics munis de rampes d'accessibilité démontre cette préoccupation. Néanmoins, l'utilisation des normes d'accessibilité relatives à ces rampes peut s'avérer problématique pour certaines personnes. La présente étude a permis d'explorer le lien entre les capacités motrices et les solutions apportées pour surmonter certains obstacles environnementaux.

"L'Année internationale des personnes handicapées" (1981) (Office des personnes handicapées du Québec, 1984) et le "Mouvement vers l'autonomie" ("Independent Living Movement") (Crewe & Zola, 1983; DeJong, 1979) comptent parmi les exemples d'un effort mondial pour favoriser l'intégration sociale des personnes ayant des incapacités permanentes.

Le Québec, avec ses politiques de désinstitutionalisation, a fait des efforts soutenus pour favoriser l'intégration dans la communauté des personnes présentant des incapacités permanentes. Plus précisément à l'égard des personnes présentant des incapacités sensorielles et motrices, la principale voie d'intégration et de réinsertion dans la communauté passe par l'accessibilité du domicile (accessibilité personnalisée) et celle des ressources et des bâtiments dans la communauté (accessibilité universelle) (Rousseau, 1997; Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002). L'accessibilité au logement pour les personnes ayant des besoins spéciaux, entre autres la personne âgée en perte d'autonomie et l'adulte présentant des incapacités motrices permanentes, devient primordiale.

Lorsqu'il s'agit de rendre un bâtiment accessible pour la personne en fauteuil roulant, la construction d'une rampe d'accessibilité devient généralement le choix privilégié. Lors de sa construction, la norme d'inclinaison la plus fréquemment proposée est la norme 1:12 (Conseil

national de recherches du Canada, 1995; Kushner, Falta & Aitkens, 1983). Cette norme est retenue autant d'un point de vue de l'accessibilité universelle que personnalisée.

Toutefois, les auteurs ne sont pas unanimes à l'égard des normes requises. Les normes d'inclinaison pour la construction de rampes d'accessibilité ne sont pas fondées sur des études scientifiques et ceci se reflète parmi la diversité de normes proposées à travers plusieurs pays (Cappozzo, Felici, Figura, Marchetti, & Ricci, 1991). Par exemple, à l'égard de la problématique de la personne âgée, la SCHL (1987, 1982) précise que la norme 1 :20 doit être privilégiée et éviter une pente dont l'inclinaison est supérieure à 1 :12. Le Code national du bâtiment du Canada (1995) tend à recommander l'utilisation de la norme 1 :20 et ce, de façon générale, car la pente devient moins dangereuse et moins fatigante. Selon le Code, même la norme 1 :16 serait difficile à utiliser pour certaines personnes à mobilité réduite et voire dangereuse à descendre, particulièrement en hiver; il réserve la norme 1 :10 à la personne ambulante. Par contre, le Gouvernement du Québec (1985) accepte une pente 1 :8. Une pente raide de 1 :8 est également acceptable à la SCHL (1982) pour une rampe intérieure de 2500 mm de longueur, lorsqu'il n'est absolument pas possible de faire autrement. Quant à Martel et De Sart (1988), ces auteures indiquent que la norme 1:8 est réservée à l'usage exclusif du fauteuil roulant motorisé. Selon d'autres auteurs (Kushner, Falta & Aitkens, 1983), la norme la plus fréquemment utilisée est 1 :12 mais lorsqu'il s'agit de courtes distances, ils tolèrent les normes 1 :10 et 1 :8.

La démonstration scientifique de l'exigence physique requise par ces trois normes (1:10, 1:12, 1:20) se fait rare dans la littérature. Les quelques études répertoriées ont été réalisées majoritairement auprès d'une population blessée médullaire, principalement des hommes paraplégiques en excellente forme physique (Cappozzo, Felici, Figura, Marchetti, & Ricci, 1991 ; Canale, Felici, Marchetti, & Ricci, 1991). Une limite majeure de ces études est que les mesures expérimentales ont été réalisées chez des utilisateurs aguerris de fauteuil roulant et dont l'âge moyen était d'environ 45 ans. Ces constats nous amènent à questionner le réalisme d'utiliser les normes 1:10 et 1:12 et à explorer les exigences liées à la norme 1:20 qui semble retenir de plus en plus l'attention.

## OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif principal de l'étude concerne la mesure des capacités physiques de sujets « en pleine possession de leurs capacités physiques » à monter une rampe d'accès en fauteuil roulant manuel pour chacune des trois normes les plus fréquemment utilisées (1:10, 1:12, 1:20). Plus précisément, il s'agit de vérifier auprès de la population « en pleine possession de ses capacités physiques », l'efficacité mécanique qu'exige la montée d'une rampe d'accessibilité en fauteuil roulant. Cette efficacité mécanique sera mesurée par des ratios de force musculaire, soit la force de poussée déployée lors de la montée d'une rampe d'accès sur la force maximale de poussée que le sujet peut produire. Cette étude cible deux hypothèses de recherche: 1) les exigences physiques varient selon la norme utilisée (soit 1:10, 1:12, 1:20) et 2) les capacités à mobiliser un fauteuil roulant manuel varient avec l'âge.

### ▪ **Sélection des sujets**

Les sujets (n= 39) âgés de 18 ans et plus, dit « en pleine possession de leurs capacités physiques», ont été recrutés pour cette étude. L'échantillon a été stratifié selon deux groupes d'âge : 1) 18 à 39 ans et 2) 40 à 64 ans.

### ▪ **Expérimentation**

L'expérimentation s'est déroulée en quatre étapes dans le laboratoire de la *Chaire industrielle CRSNG sur les aides techniques à la posture* situé au pavillon Jean-Brillant de l'École Polytechnique de Montréal. La première étape a permis de mesurer la force isométrique maximale de chaque sujet, en situation statique; cette force a été mesurée au début de l'expérimentation. Cette force correspond à la force maximale que le sujet déploie pour rouler le fauteuil roulant manuel, sur place. Les trois étapes successives ont consisté à évaluer l'efficacité mécanique pendant de courtes périodes de propulsion manuelle. Il s'agissait de l'expérimentation des trois normes prescrites.

#### ➤ Montage expérimental

##### ▪ Smart<sup>Wheel</sup>

La roue SmartWheel (Asato, Cooper, Robertson, & Ster, 1993) est une jante instrumentée par des jauges de contrainte situées sur trois tubes disposés à 120°. Le calibrage permet le

calcul du point d'application de la force ainsi que les trois composantes de la force appliquée (axiale, radiale et tangentielle). Un fauteuil roulant de type «Prima» (Orthofab, Inc.) à dossier et siège standard a été utilisé. Le cerceau de propulsion du fauteuil roulant a été remplacé par un cerceau instrumenté permettant de mesurer les forces exercées, soit par la roue Smart<sup>wheel</sup> (Asato et coll., 1993). Les deux roues arrière du fauteuil roulant ont reposé sur un dispositif à rouleaux. Les roues avant du fauteuil ont été solidement fixées sur une plateforme pouvant s'incliner pour simuler les trois normes (1 :10, 1 :12, 1 :20).

#### ▪ **Procédure**

Les participants devaient se rendre au laboratoire de la Chaire des aides techniques à la posture et étaient accueillis par les deux expérimentateurs : une étudiante au doctorat en génie biomédical et une étudiante au baccalauréat en ergothérapie. La première était en charge des aspects techniques et informatiques de l'expérimentation (fonctionnement des appareils, prise de mesures). La deuxième était responsable du recrutement des participants et du déroulement de l'expérimentation avec ceux-ci.

La première étape consistait à prendre les mesures anthropométriques et la force de préhension. À la deuxième étape, soit l'étude en statique, le participant prenait place dans un fauteuil roulant afin de mesurer la force isométrique selon deux angles différents de positionnement de la main sur le cerceau de propulsion (0° et 30°). À la troisième étape, soit l'étude en dynamique, le sujet devait s'asseoir dans le fauteuil roulant installé sur le dispositif à rouleaux. L'expérimentation consistait à monter une rampe de 10 mètres, à neuf reprises (trois essais/norme). Une période de repos de 5 minutes entre chaque essai était accordée. La durée totale de l'expérimentation était d'une heure et demie pour chaque participant.

#### ▪ **Analyse et traitement des données**

L'analyse statistique des données a été effectuée à l'aide de l'analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs (facteur âge et facteur pente de la rampe) (Fleiss, 1986) sur BMDP (1993). La force isométrique volontaire (force la plus élevée que le sujet a exercé au niveau du cerceau de propulsion) a été mesurée à partir de la roue Smart<sup>wheel</sup> (étude en statique). Pour l'étude en dynamique, la force totale mesurée est la résultante des trois forces (tangentielle, radiale et axiale). Dans cette étude, la force totale la plus élevée à chaque cycle a été retenue. La

moyenne de ces forces totales a été calculée. La force tangentielle a été calculée de la même façon que la force totale.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'originalité de la présente étude concerne l'exploration de l'exigence physique à monter les rampes d'accès en fauteuil roulant manuel auprès de la population « en pleine possession de ses capacités physiques » alors que les rares études réalisées l'ont toutes été auprès de populations présentant des incapacités (Cappozzo, et coll., 1991 ; Canale, et coll., 1991; Sanford, et coll., 1997); ces études ont principalement été conduites auprès des hommes présentant des séquelles d'une lésion médullaire (Cappozzo, et coll., 1991 ; Canale, et coll., 1991). À ce titre, les résultats de la présente étude sont difficilement comparables à ceux de la littérature contemporaine.

La présente étude a démontré que l'efficacité mécanique varie significativement lorsque la personne en fauteuil roulant utilise une rampe d'accès avec une inclinaison 1 :20. De façon concrète, la pente est plus facile à monter que lorsque cette dernière répond aux normes 1 :12 et 1 :10 ( $F= 49.34$ , degré de liberté=2, 74,  $p< 0.001$ ). La différence significative obtenue entre la norme 1 :20 et celles de 1 :12 et 1 :10 n'est pas surprenante. Il n'y a pas de différence significative pour l'exigence physique requise lorsque la pente a une dénivellation de 1 :12 ou de 1 :10. L'efficacité mécanique est similaire pour ces deux normes. En se basant sur la littérature (Sanford, et al., 1997; Code national du bâtiment, 1995), les commentaires subjectifs des sujets lors de l'expérimentation ainsi que sur les observations empiriques d'usagers du fauteuil roulant dans leur quotidien, une différence significative entre 1 :12 et 1 :10 était attendue. Tel que soulevé dans l'étude de Sanford et al. (1997), non seulement l'inclinaison 1 :10 est considérée beaucoup plus difficile à monter, mais il semble que la norme 1 :12 commence à être considérée comme trop abrupte. Le Code national du bâtiment (1995) indique même sa préférence pour l'usage de la norme 1 :20 plutôt que 1 :12.

À la lumière des résultats de la présente étude, les intervenants auprès des personnes ayant des incapacités motrices (ex. : ergothérapeutes), les professionnels responsables de la

constructions de bâtiments (ex. : architectes) et les décideurs (ex. : gouvernement) auraient avantage à planifier la construction des rampes d'accès selon la norme 1 :20. Cette dernière, étant moins exigeante sur le plan physique, correspondrait à un plus large éventail de la population qui utilise les rampes d'accès. Notons toutefois que la principale limite, à utiliser la norme 1 :20, provient du manque d'espace disponible lorsqu'il s'agit de la construction d'une rampe d'accès. L'usage de la norme 1 :10 devient avantageuse sur le plan économique (rampe moins longue donc moins coûteuse pour les matériaux) et requiert moins d'espace. Quoique, subjectivement, les utilisateurs et les sujets de la présente étude aient mentionné qu'elle nécessite plus d'effort de leur part, les études n'ont pas démontré de différence significative sur ce point. Toutefois, un élément, observé empiriquement, doit être pris en considération : le risque de bascule du fauteuil roulant vers l'arrière. L'étude de Sanford et de ses collaborateurs (1997) soulève cette inquiétude de la part des usagers de fauteuil roulant face à des rampes trop abruptes; cet élément doit donc être considéré lors de l'application des normes.

Dans la présente étude, les influences climatiques telles que le vent, la glace, la neige et la pluie n'ont pas été considérées. Il s'agit de variables pouvant influencer la performance des sujets à monter, mais surtout à descendre les rampes d'accès. D'autres études portant sur ces facteurs climatiques ainsi que sur les exigences physiques et les risques lors de la descente des rampes d'accès méritent d'être explorés.

Quant à la différence liée à l'âge, elle ne peut être comparée avec la littérature puisqu'il s'agit d'une première étude ayant exploré l'effet de l'âge et de la pente. Il ne semble pas, en lien avec les constats qui se dégagent de la présente étude, que l'âge influence l'utilisation de l'une des trois normes étudiées ( 18 à 39 ans ; 40 à 64 ans) ( $F= 1.40$ , degré de liberté=1, 37,  $p=0.2446$ ). Par conséquent, il n'y a pas d'effet de l'âge sur l'efficacité mécanique. Il n'y a pas d'effet d'interaction entre l'âge et l'inclinaison de la rampe d'accès ( $F= 0.01$ , degré de liberté= 2, 74,  $p= 0.9925$ ), ce qui signifie qu'il n'y a pas de lien entre l'âge et la capacité de monter une certaine norme. Ce constat, entre les deux groupes d'âge, peut s'expliquer par le fait que la population, en général, demeure plus active plus longtemps, et que l'exercice physique semble faire partie du quotidien même chez les personnes plus âgées.

## CONCLUSION

Les résultats à la présente étude offrent une première réflexion quant à l'application des normes recommandées actuellement. Il est permis de penser, en se basant sur des données scientifiques auprès de la population « en pleine possession de ses capacités physiques », que l'utilisation de la norme 1 :20 facilite l'usage des rampes d'accès et qu'à défaut de pouvoir l'appliquer, généralement en raison du manque d'espace, la norme 1 :10 serait souhaitable puisqu'elle requiert moins d'espace que la norme 1 :12; la norme 1 :10 ne semble pas plus exigeante physiquement. Ces résultats doivent toutefois être utilisés avec réserve jusqu'à ce que des études auprès de la population âgée et pathologique soient réalisées. Il serait également opportun d'explorer les risques de bascule liés aux normes prescrites lors de la descente des rampes d'accès.

# MEASURING THE EFFORT NEEDED TO CLIMB ACCESS RAMPS IN A MANUAL WHEELCHAIR

## Abstract

This research studied the physical effort needed for a manual wheelchair user to climb three access ramps: one with a slope of 1 in 10, that is, a ramp that rises one unit every 10 units in length; a second with a slope of 1 in 12 and a third with a slope of 1 in 20.

There were two research hypotheses:

1. physical requirements vary according to the slope of the ramp, and
2. the ability to propel a wheelchair differs with age.

The study was unique. The few previous studies about the physical effort needed to propel a manual wheelchair used men in excellent physical condition who were long-time users of wheelchairs. For this study, the researchers tested 39 men and women who do not normally use wheelchairs. Two age groups were studied: those 18 to 39 years and those 40 to 64 years old.

The results showed that a slope of 1 in 20 is significantly easier to climb in a wheelchair than slopes of 1 in 10 and 1 in 12. There was, however, little difference between the effort needed to climb a slope of 1 in 10 and a slope of 1 in 12. The results did not show any age-related differences.

The research provided a unique opportunity to reflect on currently recommended standards for the slope of wheelchair ramps. However, before reaching any conclusions, there should be further research that includes people older than 64 years of age, and people who use wheelchairs. Research should also be undertaken on the risks of tipping over when using a wheelchair on access ramps.

# Executive Summary

## Introduction

Obstacles that make it difficult or impossible for people with disabilities to enter or leave public areas, public buildings and private residences are often causes of social isolation. Over the last 15 years, social policies have attempted to minimize these obstacles. This is reflected in the addition of wheelchair access ramps to make public and private buildings more accessible. Nevertheless, the application of accessibility standards for these ramps can be problematic at times in existing buildings because of lack of space.

This research examined the physical effort needed for users of manual wheelchairs to climb three access ramps: one with a slope of 1 in 10, that is, a ramp that rises one unit for every 10 units in length; a second, with a less-steep slope of 1 in 12, and a third, with an even gentler slope of 1 in 20.

The International Year of Persons with Disabilities<sup>1</sup> and the Independent Living Movement<sup>2</sup> are examples of the worldwide effort to facilitate the social integration of people with permanent disabilities.

The province of Quebec has made a sustained effort to encourage community integration of individuals with permanent disabilities. For people with sensory and motor disabilities, the main approaches to community integration and re-integration have been residential accessibility (personal accessibility) and accessibility to community resources and buildings (universal accessibility).<sup>3</sup>

An accessibility ramp is the usual choice to make a building accessible to people who use wheelchairs. The most frequently suggested standard for both personal and universal accessibility is a slope of 1 in 12.<sup>4</sup>

However, there is no unanimity about standards. These are not based on scientific research and this is reflected in the diversity of suggested standards in several countries.<sup>5</sup> For example, CMHC (1987, 1882) recommends a standard of 1 in 20 for people 65 years of age or older and suggests that slopes steeper than 1 in 12 should be avoided. The *National Building Code of Canada* (1995), Appendix A, generally recommends the 1 in 20 slope since it is “safer and less strenuous.” The *Code* notes that even a slope of 1 in 16 can be difficult or even dangerous for some people with reduced mobility, particularly during the winter. A slope of 1 in 10 is usually recommended for ambulatory individuals. On the other hand, the government of Quebec (1985) accepts a slope of 1 in 8. CMHC (1982) also accepts a slope of 1 in 8 for internal ramps that are 2,500 mm long when it is absolutely impossible to do otherwise. Martel and De Sart (1988) say that a 1 in 8 slope is only for ramps for motorized wheelchairs. Kushner, Falta & Aitkens (1983) say that the most frequently used standard is 1 in 12, but for short distances, they allow slopes of 1 in 10 and 1 in 8.

There is not much literature scientifically demonstrating the physical effort required by slopes of 1 in 10, 1 in 12 and 1 in 20. Most of the few studies that have been conducted are limited because they examined men, primarily of an average age of 45, who were long-time users of wheelchairs, who were paraplegic as the result of a spinal cord injury and who were in excellent physical shape.<sup>6</sup> This

---

1 (1981) (Quebec Office for People with Disabilities, 1984)

2 Crew & Zola, 1983; DeJong, 1979

3 Rousseau, 1997; Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002

4 National Research Council of Canada, 1995; Kushner, Falta and Aitkens, 1983

5 Cappozzo, Felici, Figura, Marchetti, and Ricci, 1991

6 Cappozzo, Felici, Figura, Marchetti, and Ricci, 1991; Canale, Felici, Marchetti, and Ricci, 1991

leads us to challenge how realistic the 1 in 10 and 1 in 12 slopes are, and to explore the requirements of the 1 in 20 slope which seems to be getting more and more attention.

## Objective and methodology

The main goal of the research was to measure the ability of people who do not normally use a wheelchair to climb in a manual wheelchair each of the three most common slopes—1 in 10, 1 in 12 and 1 in 20. The researchers calculated the mechanical efficiency needed by study participants to climb each slope in a wheelchair. This was measured by muscle-strength ratios—the push force used when climbing the slope divided by the maximum push force the study participants could produce.

There were two research hypotheses:

1. physical requirements vary according to the slope, and
2. the ability to propel a wheelchair varies with age.

## Subject selection

The subjects selected for the research were 39 men and women who did not normally use wheelchairs, ranging in age from 18 to 64. Two age groups were studied—18 to 39 and 40 to 64.

## Experiment

The research was conducted at the Natural Sciences and Engineering Research Council (NSERC) in the laboratory of the Industrial Research Chair on Wheelchair Seating Aids, in the Pavillon Jean-Brillant of the École Polytechnique de Montréal.

There were four phases to the research. In the first phase, the researchers measured each subject's maximum isometric force in static situations, i.e., the maximum force used by the subjects to roll a manual wheelchair on the spot (see Experimental set-up below). In the next three phases, the researchers assessed mechanical efficiency over short periods of manual propulsion for each of the three slopes: 1 in 10, 1 in 12 and 1 in 20.

## Experimental set-up

The test subjects used Prima manual wheelchairs with standard backs and seats, made by Orthofab Inc. of Québec. The wheelchair propulsion rail was replaced by a rail with instruments that measured the force exerted, using the Smart<sup>Wheel 7/8</sup>. The wheelchair's rear wheels rested on rollers. The front wheels were fixed to a platform that could be tilted to simulate the slopes of 1 in 10, 1 in 12 and 1 in 20.

## Procedure

A doctoral student in biomedical engineering was responsible for operating the equipment and taking the measurements. An undergraduate student in occupational therapy recruited the participants and carried out the experiment with them.

---

<sup>7</sup> Asato et al., 1993

<sup>8</sup> Asato, Cooper, Robertson & Ster, 1993. The Smart<sup>Wheel</sup> is a rim on a three-beam, strain gauge system with the beams positioned at 120 degrees. The strain gauge enables researchers to calculate the resultant force, and the three axial, radial and tangential components of the force.

The experiment included anthropometric and grip strength measurements; a static study, in which participants sat in the wheelchair and the isometric forces were measured using two hand angles, zero and 30 degrees; and, a dynamic study, in which participants sat in the wheelchairs and climbed a 10-metre ramp three times each at slopes of 1 in 10, 1 in 12 and 1 in 20. There was a five-minute rest between each trial. The total experiment lasted 90 minutes for each participant.

## Data analysis and processing

The statistical data analysis was conducted using an analysis of variance (ANOVA) of two factors (age and ramp slope),<sup>9</sup> and using BMDP (1993) statistical software. The voluntary isometric force (highest force exerted by the subject on the propulsion rail) was measured using the Smart<sup>Wheel</sup> (static study). For the dynamic study, the total force measured was that resulting from the tangential, radial and axial forces. The highest total force for each cycle was retained. The researchers calculated the average of these total forces. The tangential force and the total force were calculated the same way.

## Results and discussion

This study is unique because it examined the physical effort needed by people who do not normally use wheelchairs to climb access ramps in a manual wheelchair. The little research that has been conducted in this area has primarily been among people with disabilities,<sup>10</sup> mainly men and with conditions resulting from spinal cord injuries.<sup>11</sup> As a result, it is difficult to compare the results of this study with the results of other contemporary research.

This study showed that mechanical efficiency varies significantly when an individual in a manual wheelchair climbs a 1 in 20 slope as compared to the 1 in 12 and 1 in 10 slopes. The 1 in 20 ramp is easiest to climb, compared to the 1 in 12 and 1 in 10 slopes,<sup>12</sup> and this is not surprising.

Based on current literature,<sup>13</sup> participants' subjective comments during the experiment, and on the day-to-day observations of people who use wheelchairs, the researchers expected to find a significant difference between the 1 in 12 and 1 in 10 slopes. As noted by Sanford et al., 1997, not only is a slope of 1 in 10 considered much too difficult to climb, but a slope of 1 in 12 is starting to be perceived as too steep.

However, in this research there was no significant difference in physical effort between the 1 in 12 and 1 in 10 slopes. Mechanical efficiency was similar for both.

In light of the results of this study, individuals, such as occupational therapists, building construction professionals, such as architects, and decision-makers, such as lawmakers, should consider ramps with a 1 in 20 slope. The 1 in 20 slope is less physically demanding and can serve a wider range of wheelchair users.

Lack of space for building access ramps with a 1 in 20 slope can be a major limitation. The 1 in 10 slope is economically advantageous because it makes a shorter ramp, can be built in less space and therefore is cheaper.

---

9 Fleiss, 1986

10 Cappozzo et al., 1991; Canale et al., 1991; Sanford et al., 1997

11 Cappozzo et al., 1991; Canale et al., 1991;

12  $F=49.34$ , degrees of freedom=2.74,  $p<0.001$

13 Sanford et al., 1997; National Building Code of Canada, 1995

Although, subjectively, wheelchair users and participants in this research have indicated that the 1 in 10 slope requires a greater effort than the 1 in 12 slope, the results of this research did not demonstrate any significant differences.

One empirically observed factor must be considered for high-slope ramps: the risk of tipping over backwards. The Sanford et al. study raised this issue. It indicated that wheelchair users were worried when they faced ramps that were too steep. This factor should therefore be considered when designing access ramps.

This study did not consider climatic factors such as wind, ice, snow and rain, which may influence the effort and safety involved in climbing, and even more in descending, an access ramp. Additional research dealing with climatic factors and the physical effort and risks of climbing down access ramps is worthy of further exploration.

This is the first study to explore the relationship between the age and the effort needed of manual wheelchair users to climb access ramps of certain slopes. Therefore, comparisons cannot be made with other research.

Observations from this study show that age does not seem to affect the ability to climb the 1 in 10, 1 in 12 and 1 in 20 slopes, at least between the two groups of 18–39 years and 40–64 years.<sup>14</sup> As a result, age has no effect on mechanical efficiency. There is no interaction effect between age and access ramp slope,<sup>15</sup> which means that there is no connection between age and ability to climb a ramp of a certain standard. These findings can be explained by the fact that the population, in general, remains active much longer, and that physical exercise seems to be more and more a part of daily life, even for older individuals.

## Conclusion

The results of this study offer an initial reflection regarding the application of currently recommended slope standards for access ramps. Based on the scientific data presented in this study, it may be possible to think that the 1 in 20 slope can make access ramps easier to use. If a 1 in 20 slope is not possible because of lack of space, the 1 in 10 slope is a desirable alternative to the 1 in 12 slope because it needs less space than the 1 in 12 slope and does not seem to be more physically demanding.

However, the results of this research should be used with caution, until studies involving the 65+ population and people who use wheelchairs are conducted. It will be equally relevant—and important—to conduct research to explore the risks of tipping when descending access ramps in manual wheelchairs.

---

14  $F=1.40$ , degrees of freedom=1.37,  $p=0.2446$

15  $F=0.01$ , degrees of freedom=2.74,  $p=0.9925$



National Office	Bureau national
700 Montreal Road	700 chemin de Montréal
Ottawa ON K1A 0P7	Ottawa ON K1A 0P7
Telephone: (613) 748-2000	Téléphone : (613) 748-2000

Since a limited demand for this research document has been anticipated, only a summary of its contents has been translated

By completing and returning this form you will help us to determine if there is a significant demand for this report in English. Mail the completed form to:

Canadian Housing Information Centre  
Canada Mortgage and Housing Corporation  
CI-200  
700 Montreal Road  
Ottawa, Ontario  
K1A 0P7

Report Title: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

I would prefer to have this report made available in English.

Name \_\_\_\_\_

Address \_\_\_\_\_

Street \_\_\_\_\_ Apt. \_\_\_\_\_

City \_\_\_\_\_ Province \_\_\_\_\_ Postal Code \_\_\_\_\_

Telephone ( ) \_\_\_\_\_

## Table des Matières

Abrégé .....	ii
sommaire .....	iii
liste des tableaux .....	xii
liste des figures .....	xiii
1. Introduction .....	2
2. Problématique.....	2
2.1 Exigence physique pour la montée de rampes d'accès.....	4
3. Méthodologie .....	6
3.1. Hypothèses.....	6
3.2. But de l'étude.....	6
3.3. Sélection des sujets.....	6
3.3.1. Critères d'inclusion .....	7
3.3.2. Critères d'exclusion .....	7
3.4. Expérimentateurs.....	7
3.5. Approbation éthique.....	8
3.6. Expérimentation.....	8
3.6.1. Lieu d'expérimentation.....	9
3.6.2. Montage expérimental .....	9
3.6.2.1. Smart <sup>Wheel</sup> .....	9
3.6.2.2. Dispositif à rouleaux et simulation de rampe .....	9
3.6.3. Procédure.....	10
3.6.3.1. Mesures anthropométriques.....	11
3.6.3.2. Force de préhension.....	11
3.6.3.3. Force isométrique volontaire maximale.....	12
3.6.3.4. Force tangentielle et force totale (Efficacité mécanique sur la rampe) .....	13
3.6.3.5. Mesure de la fréquence cardiaque .....	13
3.7. Compensation financière .....	14
3.8. Analyse et traitement des données.....	14
3.8.1. Efficacité mécanique : <i>EM</i> .....	14
3.8.2. Usage mécanique : <i>UM</i> .....	15

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.....	9
Montage expérimental de l'étude dynamique.....	9
Figure 2.....	11
Instruments des mesures anthropométriques.....	11
Figure 3.....	12
Montage expérimental de l'étude statique.....	12
Figure 4.....	12
Procédure de poussée.....	12
Figure 5.....	13
Procédure d'effort mécanique sur la rampe.....	13

4. RÉSULTATS.....	15
5. DISCUSSION.....	16
6. CONCLUSION.....	18
Références.....	20
Remerciements.....	23
ANNEXES.....	I
ANNEXE A.....	II
Affiche de recrutement.....	III
ANNEXE B.....	IV
Formulaire de consentement.....	V
Consent Form.....	VII
ANNEXE C.....	IX
Spécifications techniques de la roue Smart <sup>Wheel</sup> .....	X
ANNEXE D.....	XI
Calcul de la force de Résistance.....	XII

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.....	7
Données socio-démographiques .....	7
Tableau 2.....	8
Synthèse des études statiques et dynamiques .....	8

## **1. INTRODUCTION**

Les obstacles environnementaux sont souvent une source d'isolement social. Tel que le démontrent la littérature et les politiques sociales élaborées depuis les quinze dernières années, des efforts ont été mis en place pour minimiser ces obstacles. Par exemple, l'aménagement de résidences privées et de lieux publics munis de rampes d'accessibilité démontre cette préoccupation. Néanmoins, l'utilisation des normes d'accessibilité relatives à ces rampes peut s'avérer problématique pour certaines personnes. La présente étude a permis d'explorer le lien entre les capacités motrices et les solutions apportées pour surmonter certains obstacles environnementaux.

## **2. PROBLÉMATIQUE**

Mondialement, on assiste à un effort marqué pour favoriser l'intégration dans la communauté et la réinsertion sociale des personnes présentant des incapacités permanentes. "L'Année internationale des personnes handicapées" (1981) (Office des personnes handicapées du Québec, 1984) et le "Mouvement vers l'autonomie" ("Independent Living Movement") (Crewe & Zola, 1983; DeJong, 1979) comptent parmi les exemples d'un effort en ce sens initié autant par les paliers gouvernementaux que par les personnes elles-mêmes vivant avec des incapacités permanentes.

Le Québec a aussi contribué à cet effort mondial. Depuis quelques décennies, et plus précisément depuis la création de l'Office des personnes handicapées du Québec (OPHQ, 1984), le Québec, avec ses politiques de désinstitutionalisation, a fait des efforts soutenus pour favoriser l'intégration dans la communauté des personnes présentant des incapacités permanentes. Plus précisément à l'égard des personnes présentant des incapacités sensorielles et motrices, la principale voie d'intégration et de réinsertion dans la communauté passe par l'accessibilité du domicile (accessibilité personnalisée) et celle des ressources et des bâtiments dans la communauté (accessibilité universelle) (Rousseau, 1997; Rousseau, Potvin, Dutil, & Falta, 2002). L'accessibilité au logement pour les personnes ayant des besoins spéciaux, entre autres la personne âgée en perte d'autonomie et l'adulte présentant des incapacités motrices permanentes, devient primordiale.

Lorsqu'il s'agit de rendre un bâtiment accessible pour la personne en fauteuil roulant, la construction d'une rampe d'accessibilité devient généralement le choix privilégié. Lors de sa construction, la norme d'inclinaison la plus fréquemment proposée est la norme 1:12 (Conseil national de recherches du Canada, 1995; Kushner, Falta & Aitkens, 1983). Cette norme est retenue autant d'un point de vue de l'accessibilité universelle que personnalisée.

Or, la littérature et la pratique permettent de constater deux particularités quant à l'usage de la norme 1:12 (5°): l'utilisation de la norme 1:10 (6°) et de la norme 1:20 (3°). Premièrement, la norme 1:10 est souvent utilisée en raison d'espace restreint (Kushner et coll., 1983). Deuxièmement, avec l'expérience, il semble que l'usage de cette norme implique deux inconvénients majeurs: 1) l'effort physique important (ex.: force musculaire) qu'elle requiert pour monter une rampe d'accès et 2) le risque de bascule du fauteuil en raison de l'inclinaison de la pente. Deuxièmement, en raison de la population vieillissante qui souvent vit avec des incapacités exigeant l'utilisation du fauteuil roulant et conséquemment, des rampes d'accès, de même que le maintien à domicile d'un nombre croissant de personnes présentant des pathologies évolutives (ex.: sclérose en plaques, sclérose latérale amyotrophique, dystrophie musculaire, arthrite, ...), les professionnels de la réadaptation proposent généralement la norme 1:20. Cette tendance est conforme à ce que préconise la Société canadienne d'hypothèques et logement (SCHL) (1987) et le Code national du bâtiment du Canada (1995).

Quant à la littérature, les auteurs ne sont pas unanimes à l'égard des normes requises. Les normes d'inclinaison pour la construction de rampes d'accessibilité ne sont pas fondées sur des études scientifiques et ceci se reflète parmi la diversité de normes proposées à travers plusieurs pays (Cappozzo, Felici, Figura, Marchetti, & Ricci, 1991). Par exemple, à l'égard de la problématique de la personne âgée, la SCHL (1987, 1982) précise que la norme 1 :20 doit être privilégiée et éviter une pente dont l'inclinaison est supérieure à 1 :12. Le Code national du bâtiment du Canada (1995) tend à recommander l'utilisation de la norme 1 :20 et ce, de façon générale, car la pente devient moins dangereuse et moins fatigante. Selon le Code, même la norme 1 :16 serait difficile à utiliser pour certaines personnes à mobilité réduite et voire dangereuse à descendre, particulièrement en hiver; il réserve la norme 1 :10 à la personne ambulante. Par contre, le Gouvernement du Québec (1985) accepte une pente 1 :8. Une pente raide de 1 :8 est également acceptable à la SCHL (1982) pour une rampe

intérieure de 2500 mm de longueur, lorsqu'il n'est absolument pas possible de faire autrement. Quant à Martel et De Sart (1988), ces auteures indiquent que la norme 1:8 est réservée à l'usage exclusif du fauteuil roulant motorisé. Selon d'autres auteurs (Kushner, Falta & Aitkens, 1983), la norme la plus fréquemment utilisée est 1 :12 mais lorsqu'il s'agit de courtes distances, ils tolèrent les normes 1 :10 et 1 :8.

### ***2.1 Exigence physique pour la montée de rampes d'accès***

La démonstration scientifique de l'exigence physique requise par ces trois normes (1:10, 1:12, 1:20) les plus fréquemment utilisées se fait rare dans la littérature. Les quelques études répertoriées ont été réalisées majoritairement auprès d'une population blessée médullaire, principalement des hommes paraplégiques en excellente forme physique, soit des sportifs ou d'anciens sportifs (Cappozzo, Felici, Figura, Marchetti, & Ricci, 1991 ; Canale, Felici, Marchetti, & Ricci, 1991). Dans la première étude, la force musculaire requise pour monter une rampe d'accès a été établie à partir d'un modèle mécanique simple (Cappozzo et coll., 1991). Le décours temporel de l'application de la force durant la montée a été obtenu par des mesures expérimentales. À partir des forces appliquées, les paramètres cinématiques et cinétiques ont pu être calculés. Pour ce faire, la masse du sujet et du fauteuil, la vitesse initiale et le taux de montée étaient préalablement spécifiés. La simulation permettait de calculer la force musculaire nécessaire à la montée d'une rampe d'accès à un niveau donné et une longueur donnée. La validité du modèle a été vérifiée partiellement en évaluant les capacités de blessés médullaires (hommes), athlètes en fauteuil roulant âgés entre 24 et 41 ans, à monter des rampes avec les spécifications de niveaux et de longueur prédites par le modèle. Bien que l'approche soit fort intéressante, les résultats sont difficiles à généraliser à d'autres populations que celle étudiée (ex : femmes ; personnes âgées...).

Dans une autre étude, la force maximale de poussée a été mesurée chez plus de 140 sujets se déplaçant en fauteuil roulant (Canale et coll., 1991). Les capacités de ces sujets à monter des rampes d'accès de différents niveaux et de différentes longueurs ont été évaluées. De plus, un questionnaire a été utilisé pour identifier les sujets participant à des sports en fauteuil, utilisant des immeubles publics, conduisant leur voiture et pouvant faire leurs emplettes de façon autonome. Les résultats de l'étude de Canale et ses collaborateurs (1991) ont permis de dégager les conclusions suivantes, dans une vision d'accessibilité

universelle: pour une rampe d'accès d'une longueur d'un mètre, l'inclinaison maximale est de 15% alors que pour une longueur de 3 mètres, on suggère un maximum de 10%. Selon l'étude de Canale et de ses collaborateurs (1991), une rampe d'accès de 8% conviendrait à la majorité de la population en fauteuil roulant, indépendamment de la longueur de cette rampe. Les propositions, en terme de longueur de rampe d'accès versus le degré d'inclinaison de la pente, se révèlent être différentes dans l'étude de Cappozzo et ses collaborateurs (1991).

Une limite majeure de ces études est que les mesures expérimentales ont été réalisées chez des utilisateurs aguerris de fauteuil roulant et dont l'âge moyen était d'environ 45 ans. Ces constats nous amènent à questionner le réalisme d'utiliser les normes 1:10 et 1:12 et à explorer les exigences liées à la norme 1:20 qui semble retenir de plus en plus l'attention.

Dans le contexte d'accessibilité, que ce soit d'un point de vue de l'accessibilité universelle ou personnalisée, il s'avère nécessaire de mesurer les capacités à monter des rampes chez une population de 18 ans et plus. Ces mesures devraient d'abord être explorées auprès de la population « en pleine possession de ses capacités physiques », afin d'en vérifier l'exigence. Subséquemment, la mesure des capacités auprès des personnes qui présentent des incapacités suite à un traumatisme, une pathologie ou en raison du processus de vieillissement, pourra être effectuée.

Dans cette perspective, la présente étude s'intéresse à l'accessibilité personnalisée (Rousseau, 1997 ; Rousseau et coll., 2002) et universelle. Elle concerne la problématique touchant l'inclinaison des rampes d'accessibilité et questionne l'usage des trois normes les plus couramment utilisées: 1:10, 1:12 et 1:20. Elle se veut la poursuite d'un projet dont l'objectif était de développer un système de mesure des exigences et des capacités physiques de la personne en fauteuil roulant manuel, en utilisant la roue SMART<sup>wheel</sup> développée par Asato, Cooper, Robertson, et Ster (1993). Ce système a été expérimenté auprès de 12 sujets «en pleine possession de leurs capacités physiques» (Arabi, Aissaoui, Rousseau, Bourbonnais, Parent, & Dansereau, 2000) et il a été utilisé pour la présente étude.

### **3. OBJECTIF ET MÉTHODOLOGIE**

#### ***3.1. Hypothèses***

Dans la présente étude, il s'agit de mesurer la capacité physique de sujets "en pleine possession de leurs capacités physiques" à monter une rampe d'accès en utilisant un fauteuil roulant manuel standard. Plus spécifiquement, cette étude cible les deux hypothèses de recherche suivantes: 1) les exigences physiques varient selon la norme utilisée (soit 1:10, 1:12, 1:20) et 2) les capacités à mobiliser un fauteuil roulant manuel varient avec l'âge.

#### ***3.2. But de l'étude***

L'objectif principal de l'étude concerne la mesure des capacités physiques de sujets « en pleine possession de leurs capacités physiques » à monter une rampe d'accès. Cet objectif se subdivise en deux objectifs spécifiques: 1) déterminer la capacité physique des sujets selon l'âge et 2) évaluer l'exigence physique requise pour chacune des trois normes les plus fréquemment utilisées (1:10, 1:12, 1:20). Plus précisément, il s'agit de vérifier auprès de la population dite « en pleine possession de ses capacités physiques » , l'efficacité mécanique qu'exige de monter une rampe d'accessibilité en fauteuil roulant selon les trois normes les plus couramment proposées et utilisées. Cette efficacité mécanique sera mesurée par des ratios de force musculaire, soit la force de poussée déployée lors de la montée d'une rampe d'accès sur la force maximale de poussée que le sujet peut produire. Cette étude devrait permettre de statuer sur les préalables requis en terme d'efficacité musculaire relativement à chacune de ces normes. Ces résultats devraient permettre d'ouvrir ensuite sur une étude auprès de la population présentant des incapacités.

#### ***3.3. Sélection des sujets***

Un échantillon de convenance (Daniels, 1987) composé de sujets des deux sexes ont été recrutés par des affichages (annexe A) à l'Université de Montréal, dans des centres communautaires et paroisses.

### 3.3.1. Critères d'inclusion

Les sujets (n= 39) âgés de 18 ans et plus, « en pleine possession de leurs capacités physiques », ont été recrutés pour cette étude. L'échantillon a été stratifié selon deux groupes d'âge : 1) 18 à 39 ans et 2) 40 à 64 ans.

### 3.3.2. Critères d'exclusion

Les critères d'exclusion étaient les suivants :

- ne pas avoir utilisé un fauteuil roulant antérieurement;
- ne pas présenter un problème de santé empêchant ou limitant sa capacité à fournir un effort, comme par exemple : problèmes cardiaques (problèmes cardio-vasculaires, infarctus, pacemaker,...); problèmes respiratoires (asthme, emphysème, ...); problèmes orthopédiques (maux de dos, fracture au membre supérieur, arthrite,...); chirurgie récente; ou autre condition médicale pouvant comporter un risque à l'effort.

Les caractéristiques des sujets sont décrites au tableau 1.

Tableau 1

#### *Données socio-démographiques*

		Groupe 1	Groupe 2	Total
n		20	19	39
Age (an)	Étendue	19 – 38	40 – 61	19 – 61
	Moyenne (écart-type)	25.25 (5.857)	48.789 (6.511)	36.718 (13.391)
Sexe	Homme	8	7	15
	Femme	12	12	24
Dominance manuelle	Droite	18	18	36
	Gauche	1	1	2
	Ambidextre	1	0	1

### 3.4. Expérimentateurs

La procédure d'expérimentation a nécessité la présence de deux expérimentateurs : une étudiante au doctorat en génie biomédical et une étudiante au baccalauréat en ergothérapie. La première était en charge des aspects techniques et informatiques de l'expérimentation

(fonctionnement des appareils, prise de mesures). La deuxième était responsable du recrutement des participants et du déroulement de l'expérimentation avec ceux-ci. Durant l'expérimentation, elle mesurait la force de préhension, les données anthropométriques et la fréquence cardiaque. De plus, elle appliquait la procédure d'expérimentation (décrite subséquentement) pour chacun des sujets.

### **3.5. Approbation éthique**

Le certificat éthique a été autorisé par les comités d'éthique de la recherche de l'Université de Montréal et de l'Université Laval. Les formulaires de consentement se trouvent à l'annexe B.

### **3.6. Expérimentation**

Le tableau 2 présente une synthèse des quatre étapes de l'étude réalisée. La première étape a consisté à mesurer la force isométrique maximale, de chaque sujet, en situation statique; cette force a été mesurée au début de l'expérimentation. Cette force correspond à la force maximale que le sujet déploie pour rouler le fauteuil roulant manuel, sur place. Les trois étapes successives ont consisté à évaluer l'efficacité mécanique pendant de courtes périodes de propulsion manuelle. Il s'agissait de l'expérimentation des trois normes prescrites.

Tableau 2

#### *Synthèse des études en statique et en dynamique*

	Étude en statique	Étude en dynamique		
		1	2	3
<b>Échantillon (n=39)</b>	39	39	39	39
<b>Objectif principal</b>	Évaluer la force isométrique	Évaluer l'efficacité mécanique pour monter une rampe		
		<b>1:10</b>	<b>1:12</b>	<b>1:20</b>
<b>Paramètres mesurés</b>	Force maximale isométrique volontaire	Force totale et force tangentielle pour monter une rampe		
		<b>1:10</b>	<b>1:12</b>	<b>1:20</b>
<b>Paramètres évalués</b>	Usage mécanique	Efficacité et usage mécaniques pour monter une rampe		
		<b>1:10</b>	<b>1:12</b>	<b>1:20</b>
<b>Durée</b>	15 min	20 min	20 min	20 min

### 3.6.1. Lieu d'expérimentation

Les expérimentations ont eu lieu au laboratoire de mobilité de la *Chaire industrielle CRSNG sur les aides techniques à la posture* situé au pavillon Jean-Brillant de l'École Polytechnique de Montréal.

### 3.6.2. Montage expérimental

#### 3.6.2.1. *Smart<sup>Wheel</sup>*

La roue SmartWheel est une jante instrumentée par des jauges de contrainte situées sur trois tubes disposés à 120°. Le calibrage permet le calcul du point d'application de la force ainsi que les trois composantes de la force appliquée (axiale, radiale et tangentielle). Cette roue a été développée par l'équipe du Professeur Rory Cooper de l'Université de Pittsburgh (Asato, Cooper, Robertson, & Ster, 1993). Les spécifications techniques de la roue Smart<sup>Wheel</sup> se trouvent à l'annexe C.

#### 3.6.2.2. *Dispositif à rouleaux et simulation de rampe*

Le dispositif à rouleaux (Figure 1) est constitué d'un rouleau principal arrière sur lequel sont placées les deux roues arrière du fauteuil roulant. Les deux roues avant ont été fixées sur une plate-forme à angle variable pouvant s'ajuster aux différentes normes à l'étude. La



simulation d'une rampe se fait en deux étapes : 1) l'angle de la plate-forme supportant les deux roues avant du fauteuil roulant a été fixé à la norme voulue afin de simuler l'effet de la gravité, et 2) une force de résistance a été appliquée au rouleau supportant les deux roues arrière du fauteuil roulant afin de simuler l'effet de la friction, lorsque le fauteuil roule sur le sol. Le calcul de la force de résistance qui a été appliquée sur le rouleau du simulateur est présenté à l'annexe D.

Figure 1. Montage expérimental de l'étude en dynamique.

Tous les sujets ont utilisé le fauteuil roulant de type «Prima» (Orthofab, Inc.) à dossier et siège standard. Le cerceau de propulsion du fauteuil roulant a été remplacé par un cerceau instrumenté permettant de mesurer les forces exercées, soit par la roue Smart<sup>Wheel</sup> (Asato et

coll., 1993). Les deux roues arrière du fauteuil roulant ont reposé sur un dispositif à rouleaux. Les roues avant du fauteuil ont été solidement fixées sur une plate-forme pouvant s'incliner pour simuler les trois normes (1 :10, 1 :12, 1 :20). L'angle siège-dossier a été fixé à 95° et l'angle de bascule à 5°. L'angle de l'appui-jambe a été fixé à 120°. La main a été placée sur le cerceau de propulsion avec un angle de poussée de 0° et l'angle de flexion du coude devait se rapprocher le plus possible de 120°. Ce positionnement a été conservé tout au long des différentes expérimentations de l'étude en dynamique.

Des modifications ont eu lieu sur le montage initial afin de prendre en considération la force de résistance (la friction du sol et la poussée vers l'arrière). Le calcul de la force de résistance a été effectué en fonction du poids du sujet et du fauteuil (annexe D). Elle a été mesurée alors que le sujet était assis dans le fauteuil et que l'un des expérimentateurs donnait une poussée sur la roue. La force de résistance a été ajustée à l'aide de courroies fixées à chacun des rouleaux du montage. Un newtonmètre calculait la force de la friction pour l'un des côtés des rouleaux et l'autre côté était ajusté subjectivement par le sujet de façon à ce que la résistance soit similaire des deux côtés.

### **3.6.3. Procédure**

Les participants devaient se rendre au laboratoire de la Chaire des aides techniques à la posture et étaient accueillis par les deux expérimentateurs. Les informations relatives à la procédure de l'expérimentation étaient fournies et les participants devaient signer le formulaire de consentement.

La première étape consistait à prendre les mesures anthropométriques et la force de préhension (décrites subséquemment en 3.6.3.1 et 3.6.3.2). À la deuxième étape, soit l'étude en statique, le participant prenait place dans un fauteuil roulant afin de mesurer la force isométrique selon deux angles différents de positionnement de la main sur le cerceau de propulsion (0° et 30°) (décrit à la section 3.6.3.3). Le sujet devait exécuter trois poussées avec les cerceaux de propulsion pour chacun des angles. À la troisième étape, soit l'étude en dynamique (décrite en 3.6.3.4), le sujet devait s'asseoir dans le fauteuil roulant installé sur le dispositif à rouleaux. Il devait alors se familiariser avec la propulsion du fauteuil roulant. C'est à ce moment que le sujet disposait du cardiofréquence-mètre. L'expérimentation

consistait à monter une rampe de 10 mètres, à neuf reprises (trois essais pour chaque norme d'inclinaison de la rampe, soit 3 x 1 :10, 3 x 1 :12, 3 x 1 :20). Une période de repos de 5 minutes entre chaque essai était accordée. La fréquence cardiaque était notée avant et après chaque essai. La durée totale de l'expérimentation était d'une heure et demie pour chaque participant.

### **3.6.3.1. Mesures anthropométriques**

La taille et la longueur du bras ont été mesurées à l'aide d'une toise anthropométrique (Anthropometer SERTIX Inc.). Le poids du sujet a été mesuré avec un pèse-personne électronique. L'âge, le sexe et la dominance manuelle ont aussi été recueillis. Le goniomètre a servi à mesurer l'angle du coude qui devait se trouver près de 120° lorsque la main était à

la position 0° sur le cerceau de propulsion (positionnement au fauteuil). Les instruments de mesure (à l'exception de la toise anthropométrique) sont illustrés ci-contre (Figure 2). On y retrouve également, le cardiofréquencemètre qui a servi à mesurer la fréquence cardiaque (décrite à la section 3.6.3.5)



Figure 2. Instruments des mesures anthropométriques.

### **3.6.3.2. Force de préhension**

La force de préhension a été évaluée à l'aide du dynamomètre Jamar (Figure 2) pour la main dominante et non-dominante. Trois essais ont été effectués pour chaque main et la moyenne a été calculée. Les résultats ont été notés en kilogrammes. Le sujet était en position assise, dos appuyé. L'épaule était en adduction, le coude fléchi à 90°, l'avant-bras en pro-supination et le poignet en position neutre. La poignée du dynamomètre Jamar a été ajustée selon le confort du sujet. Les mesures ont été prises en alternant droite-gauche en débutant du côté de la dominance. L'évaluateur a stimulé verbalement le sujet lors de l'exécution de la performance (Desrosiers, Hébert & Dutil, 1991).

### 3.6.3.3. Force isométrique volontaire maximale

La première partie de l'expérimentation a permis d'évaluer la force maximale isométrique volontaire. Le sujet était assis sur un fauteuil roulant manuel standard. L'une des roues arrière a été fixée à une courroie reliée à un newtonmètre (Figure 3) permettant la prise de



mesure de la force maximale volontaire. L'autre roue arrière a été bloquée par le frein. Les mains gauche et droite ont été placées sur le cerceau de propulsion de la roue en deux positions par rapport à la verticale passant par le centre des roues arrière, soit  $0^\circ$  et  $-30^\circ$  (Vegeer, 1991; Arabi, Vandewalle, Pitor, de Lattre, & Monod, 1997)

Figure 3. Montage expérimental de l'étude statique.

Le sujet a effectué une poussée avec les mains droite et gauche simultanément (Figure 4).



La poussée devait être progressive et la plus forte possible, en évitant de donner des coups violents. Le poids du corps ne devait pas être mis en jeu lors de la poussée, mais demeurer sur l'assise du fauteuil roulant. Chaque effort de poussée, d'une durée de 5 ou 6 secondes, a été répété trois fois pour chaque angle. Pour éviter l'effet de la fatigue, une période de repos de deux minutes entre chacune des poussées successives a été accordée. La valeur moyenne des trois essais a été retenue.

Figure 4. Procédure de poussée.

#### **3.6.3.4. Force tangentielle et force totale (Efficacité mécanique sur la rampe)**

Le sujet est assis dans le fauteuil équipé d'une roue Smart<sup>wheel</sup>, installé sur le dispositif à rouleaux (Figure 5). Il a effectué un exercice de propulsion sur le simulateur (système de rouleaux) ayant une force de résistance équivalente à chacune des trois normes.



*Figure 5. Procédure d'effort mécanique sur la rampe.*

Le parcours simulé était équivalent à une longueur de rampe de 10 mètres (Sanford, Story, & Jones, 1997). Cette expérience a été répétée 3 fois et ce, pour chacune des normes de rampes d'accès (1 :10; 1 :12 et 1 :20). L'ordre de présentation des trois différentes normes a été randomisé au sein des deux groupes d'âge. Une période de repos de cinq minutes a été accordée entre chaque exercice de propulsion.

Les composantes de type axiale, radiale et tangentielle de la force appliquée sur le cerceau de propulsion, ont été mesurées à la fréquence de 240 Hz pendant les dernières 30 secondes de chaque essai. La force totale maximale ainsi que la force tangentielle maximale ont été mesurées pour chaque cycle de propulsion. La moyenne de la force totale maximale ainsi que la force tangentielle maximale ont été rapportées.

#### **3.6.3.5. Mesure de la fréquence cardiaque**

La fréquence cardiaque a été mesurée avant et après chaque essai sur le dispositif à rouleaux simulant les rampes, lors de l'effort mécanique. L'appareil de mesure est le cardiofréquencemètre de marque *Polar Bear*, composé d'une ceinture et d'une montre (Figure 2). La ceinture était portée directement sur la peau, à la hauteur de la poitrine. La montre, devant se situer à proximité de la ceinture, a été disposée au poignet du sujet.

### **3.7. Compensation financière**

Une compensation financière de 20,00\$ a été remise à chacun des sujets.

### **3.8. Analyse et traitement des données**

L'analyse statistique des données a été effectuée à l'aide de l'analyse de variance (ANOVA) (Fleiss, 1986) sur BMDP (1993). Une analyse de variance à deux facteurs (facteur âge et facteur pente de la rampe) a permis de vérifier les hypothèses de recherche. L'analyse a considéré l'effet des facteurs "âge" et "pente" sur l'efficacité mécanique et l'usage mécanique. Dans l'éventualité qu'une interaction significative soit observée entre l'âge et la pente de la rampe, des analyses de contraste étaient prévues en isolant chacun des facteurs à l'étude.

La force isométrique volontaire (force la plus élevée que le sujet a exercé au niveau du cerceau de propulsion) a été mesurée à partir de la roue Smart<sup>wheel</sup> (étude en statique). Pour l'étude en dynamique, la force totale mesurée est la résultante des trois forces (tangentielle, radiale et axiale). Dans cette étude, la force totale la plus élevée à chaque cycle a été retenue. La moyenne de ces forces totales a été calculée. La force tangentielle a été calculée de la même façon que la force totale. L'usage mécanique ainsi que l'efficacité mécanique ont été calculées de la manière suivante :

#### **3.8.1. Efficacité mécanique : EM**

Pour chaque k<sup>ième</sup> cycle de propulsion, l'efficacité mécanique  $EM_k$  est définie par le rapport quadratique entre la force tangentielle maximale enregistrée durant la phase de poussée et la force totale appliquée sur la jante de propulsion (de la roue du fauteuil roulant) au même instant.

$EM_k = (F_{tan} / F_{tot})^2$ , où  $F_{tan}$  représente la force maximale tangentielle, et  $F_{tot}$  représente la force totale appliquée. La force totale est la résultante des trois forces de type tangentielle, radiale et axiale. L'efficacité mécanique (EM) durant l'essai (n cycles) a été déterminée par la moyenne des  $EM_k$ .

$$EM = \sum EM_k / n$$

### 3.8.2. Usage mécanique : UM

Pour chaque  $k^{\text{ième}}$  cycle de propulsion, l'usage mécanique  $UM_k$  est défini par le rapport entre la force totale maximale enregistrée durant la phase de poussée et la force isométrique maximale.

$UM_k = (F_{\text{tot}} / F_{\text{iso}})$ , où  $F_{\text{tot}}$  représente la force totale maximale, et  $F_{\text{iso}}$  représente la force isométrique maximale. L'usage mécanique (UM) durant l'essai (n cycles) sera déterminé par la moyenne des  $UM_k$ .

$$UM = \sum UM_k / n.$$

Un programme développé avec le langage de programmation Matlab 5.1 a été réalisé afin de calculer les deux paramètres EM et UM.

## 4. RÉSULTATS

Relativement à la première hypothèse de recherche, soit celle concernant l'effet de l'inclinaison de la pente, les résultats de la présente étude ont indiqué qu'il:

- y a une différence significative entre l'exigence requise pour la norme d'inclinaison 1 :20 versus celle requise pour la norme 1 :12 ( $F= 49.34$ , degré de liberté=2, 74,  $p < 0.001$ ). On obtient les mêmes résultats pour la norme 1 :20 versus la norme 1 :10. Lors de la comparaison des différences des moyennes au test de contrastes de Tuckey (valeur critique = 7,1054 au seuil alpha de 0,01), les valeurs sont statistiquement significatives.
- n'y a pas de différence significative pour l'exigence physique requise lorsque la pente a une dénivellation de 1 :12 ou de 1 :10. L'efficacité mécanique est similaire pour ces deux normes.

Concernant la deuxième hypothèse de recherche, liée à l'effet de l'âge, les résultats de l'étude ont démontré qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux groupes d'âge, soit entre le groupe de 18 à 39 ans et celui de 40 à 64 ans ( $F= 1.40$ , degré de liberté=1, 37,  $p=0.2446$ ). Par conséquent, il n'y a pas d'effet de l'âge sur l'efficacité mécanique.

Il n'y a pas d'effet d'interaction entre l'âge et l'inclinaison de la rampe d'accès ( $F= 0.01$ , degré de liberté= 2, 74,  $p= 0.9925$ ).

## 5. DISCUSSION

L'originalité de la présente étude concerne l'exploration de l'exigence physique à monter les rampes d'accès en fauteuil roulant manuel auprès de la population dite « en pleine possession de ses capacités physiques » alors que les rares études réalisées l'ont toutes été auprès de populations présentant des incapacités (Cappozzo, et coll., 1991 ; Canale, et coll., 1991; Sanford, et coll., 1997); ces études ont principalement été conduites auprès des hommes présentant des séquelles d'une lésion médullaire (Cappozzo, et coll., 1991 ; Canale, et coll., 1991). À ce titre, les résultats de la présente étude sont difficilement comparables à ceux de la littérature contemporaine.

La présente étude a démontré que l'efficacité mécanique varie significativement lorsque la personne en fauteuil roulant utilise une rampe d'accès avec une inclinaison 1 :20. De façon concrète, la pente est plus facile à monter que lorsque cette dernière répond aux normes 1 :12 et 1 :10. La différence significative obtenue entre la norme 1 :20 et celles de 1 :12 et 1 :10 n'est pas surprenante. Par contre, les résultats non significatifs entre 1 :10 et 1 :12 sont, quant à eux, inattendus. En se basant sur la littérature (Sanford, et al., 1997; Code national du bâtiment, 1995), les commentaires subjectifs des sujets lors de l'expérimentation ainsi que sur les observations empiriques d'usagers du fauteuil roulant dans leur quotidien, une différence significative entre 1 :12 et 1 :10 était attendue. Non seulement l'inclinaison 1 :10 est considérée beaucoup plus difficile à monter, même lorsque présentée dans un ordre aléatoire lors de l'expérimentation, mais il semble que la norme 1 :12 commence à être considérée comme trop abrupte. Tel que soulevé dans l'étude de Sanford et al. (1997), subjectivement, les sujets mentionnent que la norme 1 :10 est plus exigeante et le Code national du bâtiment (1995) indique même sa préférence pour l'usage de la norme 1 :20 plutôt que 1 :12.

La meilleure performance physique notée dans l'étude de Cappozzo et ses collaborateurs (1991) a fort probablement été influencée par deux éléments : 1) la population (homme, athlètes ou en excellente forme physique) 2) la longueur de la rampe de 6 mètres plutôt que de 10 mètres comme dans l'expérimentation de Sandford et ses collaborateurs (1997) et la nôtre, en conformité avec les principes de construction des codes récents.

À la lumière des résultats de la présente étude, les intervenants auprès des personnes ayant des incapacités motrices (ex. : ergothérapeutes), les professionnels responsables de la constructions de bâtiments (ex. : architectes) et les décideurs (ex. : gouvernement) auraient avantage à planifier la construction des rampes d'accès selon la norme 1 :20. Cette dernière, étant moins exigeante sur le plan physique, correspondrait à un plus large éventail de la population qui utilise les rampes d'accès. Notons toutefois que la principale limite, à utiliser la norme 1 :20, provient du manque d'espace disponible lorsqu'il s'agit de la construction d'une rampe d'accès. Dans une telle situation, l'utilisation des normes 1 :12 et 1 :10 devient pertinente. L'usage de la norme 1 :10 serait avantageuse sur le plan économique (rampe moins longue donc moins coûteuse pour les matériaux) et requiert moins d'espace. Quoique, subjectivement, les utilisateurs et les sujets de la présente étude aient mentionné qu'elle nécessite plus d'effort de leur part, les études n'ont pas démontré de différence significative sur ce point. Toutefois, un élément, observé empiriquement, doit être pris en considération : le risque de bascule du fauteuil roulant vers l'arrière. L'étude de Sanford et de ses collaborateurs (1997) soulève cette inquiétude de la part des usagers de fauteuil roulant face à des rampes trop abruptes; cet élément doit donc être considéré lors de l'application des normes.

D'autres facteurs doivent être considérés concernant l'exigence requise pour monter les rampes d'accès. Par exemple, dans les études de Cappozzo et ses collaborateurs (1991), et celle de Sanford et ses collaborateurs (1997), les résultats indiquent que la vitesse de montée diminue lorsque l'inclinaison de la pente augmente. Cette vitesse diminuerait même de 50% lors d'une inclinaison à 1 :8 versus 0 dénivellation (Sandford et coll., 1997); ce qui est en lien avec l'exigence requise ainsi que la diminution du délai entre les poussées notée par Cappozzo et ses collaborateurs (1991).

Dans la présente étude, les influences climatiques telles que le vent, la glace, la neige et la pluie n'ont pas été considérées. Il s'agit de variables pouvant influencer la performance des sujets à monter, mais surtout à descendre les rampes d'accès. D'autres études portant sur ces facteurs climatiques ainsi que sur les exigences physiques et les risques lors de la descente des rampes d'accès méritent d'être explorés.

Concernant cet aspect lié à la descente des rampes d'accès, l'étude de Sanford et ses collaborateurs (1997) en a effleuré le sujet. Ces auteurs mentionnent que plusieurs sujets ayant participé à leur étude ont accepté d'expérimenter des rampes abruptes telles que 1 :8 car ils étaient sous surveillance mais qu'ils ne l'auraient pas fait dans un contexte autre que celui de l'expérimentation, à cause des risques.

Quant à la différence liée à l'âge, elle ne peut être comparée avec la littérature puisqu'il s'agit d'une première étude ayant exploré l'effet de l'âge et de la pente. Il ne semble pas, en lien avec les constats qui se dégagent de la présente étude, que l'âge influence l'utilisation de l'une des trois normes étudiées. Ce constat, entre les deux groupes d'âge, peut s'expliquer par le fait que la population, en général, demeure plus active plus longtemps, et que l'exercice physique semble faire partie du quotidien même chez les personnes plus âgées. Dans l'étude de Sanford et ses collaborateurs (1997), sur les 20 sujets qui ont réussi à monter les 30 pieds (10 mètres) de rampes : 75% (15) ont réussi à 1 :8; 80% (16) à 1 :10; 85% (17) à 1 :12 ; 95% (19) entre 1 :20 et 1 :14. Les 5 sujets qui n'ont pas réussi à monter la rampe au complet sont des femmes âgées de plus de 65 ans, sauf 1. Il serait donc opportun, compte tenu de la population sans cesse vieillissante, d'explorer l'exigence physique auprès de la population âgée de plus de 64 ans.

## **6. CONCLUSION**

Les résultats à la présente étude offrent une première réflexion quant à l'application des normes recommandées actuellement. Il est permis de penser, en se basant sur des données scientifiques auprès de la population dite « en pleine possession de ses capacités physiques », que l'utilisation de la norme 1 :20 facilite l'usage des rampes d'accès et qu'à défaut de pouvoir l'appliquer, généralement en raison du manque

d'espace, la norme 1 :10 serait souhaitable puisqu'elle requiert moins d'espace que la norme 1 :12; la norme 1 :10 ne semble pas plus exigeante physiquement. Ces résultats doivent toutefois être utilisés avec réserve jusqu'à ce que des études auprès de la population âgée et pathologique soient réalisées. Il serait également opportun d'explorer les risques de bascule liés aux normes prescrites lors de la descente des rampes d'accès.

## RÉFÉRENCES

- Anthropometer, SERTIX, Inc., 1 Madison Street East Rutherford, New Jersey 07073, U.S.A,  
Édition: Auteur
- Asato, K. T., Cooper, R. A., Robertson, R. N., & Ster, J. F. (1993). SMARTWheels: development and testing of a system for measuring manual wheelchair propulsion dynamics. *IEEE Transactions on biomedical engineering*, 40, (12), 1320-1324.
- Arabi, H., Aissaoui, R., Rousseau, J., Bourbonnais, D., Parent, F. & Dansereau, J. (2000) Évaluation de l'effort mécanique minimal lors de montée de rampes d'accès en fauteuil roulant manuel. Paris 2000-*Nouvelles technologies: Assistance technique aux handicaps moteur et sensoriel*, 61-64.
- Arabi, H., Vandewalle, H., Pitor, P., de Lattre, J., & Monod, H. (1997). Relationship between maximal oxygen uptake on different ergometers, lean arm volume and strength in paraplegic subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 76, 122-127.
- BMDP Statistical Software Inc. (1993). BMDP/ DYNAMIC (Version release 7.0) [Logiciel informatique] Los Angeles, CA.
- Conseil national de recherches du Canada (1995). *Code national du bâtiment, Canada 1995* (11e éd. ed.). Ottawa: Commission canadienne des codes du bâtiment et de prévention des incendies Conseil national de recherches du Canada.
- Canale, I., Felici, F., Marchetti, M., & Ricci, B. (1991). Ramp length/grade prescriptions for wheelchair dependent individuals. *Paraplegia*, 29 (7), 479-485.
- Cappozzo, A., Felici, F., Figura, F., Marchetti, M., & Ricci, B. (1991). Prediction of ramp traversability for wheelchair dependent individuals. *Paraplegia*, 29 (7), 470-478.
- Crewe, N. M., & Zola, I. K. (1983). *Independent living for physically disabled people* (1st ed.). San Francisco, CA.: Jossey-Bass.

- Daniel, W. W. (1987). *Biostatistics : a foundation for analysis in the health sciences* (4th ed.). New York ;Toronto: Wiley.
- DeJong, G. (1979). Independent living: from social movement to analytic paradigm. *Archives of Physical Medecine and Rehabilitation*, 60 (10), 435-446.
- Desrosiers, J., Hébert, R., & Dutil, É. (1991). *TEMPA*. Bibliothèque Nationale du Québec, Québec.
- Fleiss, J. L. (1986). *The design and analysis of clinical experiments*. New York ; Toronto: Wiley.
- Kushner, C., Falta, P. L., & Aitkens, A. (1983). *Comment rendre votre logement accessible : guide du consommateur handicapé*. Ottawa: Conseil canadien de l'habitation et Direction générale de l'analyse des politiques de la recherche et de la liaison, Bureau de la coordination des politiques, Consommation et corporations, Canada.
- Martel, S., & Sart, M. D. (1988). *Accès cible*. Montréal: Éditions Saint-Martin ; Institut de réadaptation de Montréal.
- Office des personnes handicapées du Québec OPHQ. (1984). *À part... égale: L'intégration sociale des personnes handicapées: Un défi pour tous*. Bibliothèque nationale du Québec : Gouvernement du Québec.
- Rousseau, J., Potvin, L., Dutil, É. & Falta, P. (2002). Model of competence: A conceptual framework for understanding the person-environment interaction for persons with motor disabilities. *Occupational Therapy in Health Care*, 16, 1, 15-36 .
- Rousseau, J. (1997). *Élaboration d'un instrument de mesure de la situation de handicap en milieu de vie naturel pour l'adulte présentant des incapacités motrices*. Montréal: Université de Montréal.

Rousseau, J., Potvin, L., Dutil, É., & Falta, P. (1994). La personne en situation de handicap: Réflexion sur l'accessibilité environnementale. Dans Office des personnes handicapées du Québec (Ed.) *Élargir les horizons: Perspectives scientifiques sur la réintégration sociale*, (pp.849-855). Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes. Paris: Agence Ibis Press.

Sanford, J. A., Story, M. F., & Jones, M. L. (1997). An analysis of the effects of ramp slope on people with mobility impairments. *Assistive Technology*, 9 (1), 22-33.

Société canadienne d'hypothèques et logement (SCHL). (1982). *Logements pour handicapés*. Ottawa: Auteur.

Société canadienne d'hypothèques et logement (SCHL). (1987). *Les logements pour les personnes âgées: guide de conception*. Ottawa: Auteur.

Veeger, H. E. J. (1991). Biomechanical of manual wheelchair propulsion. Ergonomics of Manual Wheelchair Propulsion. *Commision of the European Communities Comac BME*, 201-213.

## **REMERCIEMENTS**

Ce projet a été réalisé grâce à une contribution financière de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, dans le cadre du Programme de subventions de recherche. Les idées exprimées sont celles des auteurs et ne représentent pas le point de vue officiel de la SCHL.

## **ANNEXES**

## **ANNEXE A**

## AFFICHE DE RECRUTEMENT



### Recrutement de sujets pour participer à une étude sur **"l'habileté à manier un fauteuil roulant"**

Nous effectuons présentement une recherche sur l'exigence physique que nécessite la montée d'une rampe d'accessibilité en fauteuil roulant. Vous aurez à propulser un fauteuil roulant manuel plusieurs fois sur une distance de 10 mètres. Cette recherche s'effectue à Montréal auprès de la population âgée de 18 ans et plus, hommes et femmes, qui n'a pas d'incapacité ou handicap et n'utilise pas de fauteuil roulant. **Votre participation est requise pour une durée d'une heure trente.** Un montant de **\$20.00** vous sera remis pour votre participation.

Toute personne dont l'état de santé indique des problèmes empêchant ou limitant sa capacité à fournir un effort, tels que des problèmes cardiaques (problèmes cardio-vasculaires, infarctus, pacemaker, ...), des problèmes respiratoires (asthme, emphysème, ...), des problèmes orthopédiques (maux de dos, fracture au membre supérieur, arthrite, ...), une chirurgie récente ou toute autre condition médicale pouvant comporter un risque à l'effort **doit s'abstenir.**

Pour toute information concernant cette recherche et signifier votre intérêt à y participer, veuillez contacter:

Marianne Lorrain au numéro de téléphone suivant:  
**(514) 340-4711, poste 3260**

Cette recherche est sous la responsabilité de chercheurs de l'Université Laval, de l'Université de Montréal et de l'École Polytechnique de Montréal. Cette recherche est subventionnée par la Société canadienne d'hypothèques et logement (SCHL).

## **ANNEXE B**

## FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Numéro d'approbation du Comité de déontologie de la recherche de l'Université de Montréal :  
CERFM 27 (00) 4 #70

Par la présente, je soussigné (e) \_\_\_\_\_ (nom, prénom du  
sujet) accepte de participer au projet de recherche intitulé :

### Titre du projet :

Évaluation de l'exigence physique à monter les rampes d'accès en fauteuil roulant manuel chez les  
adultes et les personnes âgées.

### Personnes contacts

#### Responsables :

Jacqueline Rousseau, Ph.D, Professeure adjointe, Département de réadaptation, Université Laval.  
Chercheuse Unité de recherche en gériatrie, Québec. Tél : 418-656-2131 poste 5149

Rachid Aissaoui, Ph.D. Chercheur Chaire industrielle CRSNG sur les aides techniques à la posture,  
Département de génie mécanique, École Polytechnique de Montréal. Tél : 340-4711 poste 3263

Daniel Bourbonnais, Ph.D. Professeur titulaire, Université de Montréal. Chercheur Centre de  
recherche Institut de réadaptation de Montréal. Tél : 343-2094

#### Personne contact sur le plan de la recherche :

Si vous désirez de plus amples informations au sujet de cette étude, vous pouvez toujours contacter  
Marianne Lorrain, assistante de recherche, au (514) 340-4711 poste 3260.

Je reconnais avoir été informé (e) de façon satisfaisante sur la nature de ma participation au projet qui  
est brièvement décrit ci-dessous :

### Objectif réel du protocole

La présente étude vise le développement d'une méthode pour mesurer les capacités physiques de  
sujets normaux à monter une rampe d'accès en fauteuil roulant manuel selon les normes les plus  
couramment proposées (1:10, 1:12, 1:20). Des adultes (un total de 60 personnes) participeront à  
l'expérimentation dans le laboratoire de la « Chaire industrielle CRSNG sur les aides techniques à la  
posture » du Pavillon Jean Brillant de l'Université de Montréal.

### Brève description du protocole et détails des interventions pratiquées sur le sujet

Le montage réalisé simule la montée en fauteuil roulant d'une rampe selon les trois normes. Le  
participant devra propulser le fauteuil roulant sur une longueur de 10 mètres, à trois reprises pour  
chacune des normes testées. De plus, une mesure de force maximale sera calculée en trois essais.  
La force de préhension (c'est-à-dire la force de votre main) et la fréquence cardiaque seront aussi  
testées. Le participant devra fournir les données suivantes: âge, poids, taille, longueur du bras et  
dominance (nous indiquer la main qu'il utilise le plus souvent). L'expérience durera environ une heure  
et demie.

### Risques, inconvénients et avantages

Je suis conscient (e) que ma participation à cette étude ne m'apportera aucun bénéfice direct, mais les résultats orienteront les professionnels de l'habitation sur l'utilité des normes. Ils permettront de statuer sur l'exigence et la capacité physique à monter une rampe d'accès.

Je certifie que je ne présente aucun problème de santé connu, tel que des problèmes cardiaques (problèmes cardio-vasculaires, infarctus, pacemaker, ...), des problèmes respiratoires (asthme, emphysème, ...), des problèmes orthopédiques (maux de dos, fracture au membre supérieur, arthrite, ...) ou toute chirurgie récente ou une autre condition médicale empêchant ou limitant ma capacité à fournir un effort.

En raison de l'utilisation du fauteuil roulant et de l'effort que je devrai fournir, j'ai été informé (e) de la possibilité de ressentir de légères douleurs musculaires suite à l'expérimentation; ceci ne comporte aucun risque.

### Confidentialité

J'accepte que l'information recueillie puisse être utilisée à des fins de communication scientifique, professionnelle et d'enseignement. Il est entendu que l'anonymat et la confidentialité seront respectés à mon égard. Les informations recueillies pouvant permettre de m'identifier (documents ou fichiers informatiques indiquant mon nom) seront conservées sous clé (classeur verrouillé) dans les locaux du "Laboratoire de la Chaire industrielle CRSNG sur les aides techniques à la posture" du Pavillon Jean Brillant; les documents informatiques auront un code d'accès confidentiel. Seulement les deux assistants (es) de recherche et les trois chercheurs responsables du projet pourront consulter les informations pouvant m'identifier.

### Indemnité

La somme de vingt dollars (\$20.00) me sera versée (en argent comptant) suite à ma participation.

### Liberté du consentement et liberté de se retirer

Il est aussi entendu que je peux me retirer en tout temps du projet en notifiant la personne responsable, sans que cela me cause de préjudice.

Les responsables du projet s'engagent à faire approuver par le comité d'éthique toute modification significative du projet.

	Nom/prénom (lettres moulées)	Signature	Date
Chercheur			
Responsable du projet			
Participant			
Témoin			



## CONSENT FORM

Approbation number of the Research Deontologic Committee of University of Montreal : CERFM 27 (00) 4 #70

I \_\_\_\_\_ (last name, first name) agree to participate in the research project entitled:

### Project title:

Evaluation of the physical demand to ascend accessibility ramps with a manual wheelchair of the adult and elderly

### Responsible persons:

Jacqueline Rousseau, Ph.D, Assistant Professor, Rehabilitation Department, University Laval. Researcher, Geriatric Research Unity, Quebec. Tel :: 418-656-2131, ext. 5149

Rachid Aissaoui, Ph.D., Researcher, Chaire industrielle CRSNG sur les aides techniques à la posture, Mechanic Engineering Department, Polytechnic School of Montreal. Tel : 340-4711, ext. 3263

Daniel Bourbonnais, Ph.D., Full Professor, University of Montreal. Researcher, Research Center, Rehabilitation Institute of Montreal. Tel : 343-2094

If you want more information about the study, you can contact Marianne Lorrain, research assistant, 340-4711, ext. 3260

I recognize that I have been satisfactorily informed regarding the nature of my participation in this project which is described below:

### Objective of the protocol

This study concerns the development of a method to measure the physical capacities required for normal subjects to propel a manual wheelchair along an accessibility ramp in accordance with the standard slopes normally suggested (1:10, 1:12, 1:20). Adults (a total number of 60 persons) will participate in the experimentation in the laboratory of the “Chaire industrielle CRSNG sur les aides techniques à la posture” at Pavilion Jean-Brillant of the University of Montreal.

### Description of the protocol and details of the interventions with the subjects

The laboratory setting simulates the ascent of a ramp with a wheelchair according to 3 norms. The participant will have to propel himself in a wheelchair over a length of 10 meters, three times for each grade. Three measurements of maximal force will also be taken. Grip strength and heart rate will be measured. The participant will have to supply the following personal information : age, weight, height, arm length and hand dominance. The experimentation will last an hour and a half.

Risks and advantages

I am aware that my participation to the study will not provide me any direct advantage, but the results will guide housing professionals about the use and the demands of the different slopes. It will give the opportunity to determine the strength and the physical capacities required to ascent an accessibility ramp.

I certify that I don't have any known health problem limiting physical exertion such as heart problems (cardio-vascular problems, pacemaker, ...), respiratory problems (asthma, emphysema, ...), orthopaedic problems (back aches, fracture of the upper limb, arthritis, ...), a recent surgery or any other medical condition presenting risks while making an effort.

I have been informed that I might feel some muscular pain following the use of the wheelchair due to the exertion required to ascent the ramps. I am aware that this experiment will not affect my health.

Confidentiality

I agree that the information will be used for professional, educational and scientific communication. It is agreed that the anonymity and the confidentiality will be respected. The data revealing my identity (documents or computer files) will remain locked in the laboratory of the "Chaire industrielle CRSNG sur les aides techniques à la posture" of the Pavillon Jean-Brillant; computer files will have a confidential access code. Only the two research assistants and the three researchers will be allowed to consult these documents.

Indemnity

It is settled that I will receive the amount of 20 dollars (paid cash) following my participation.

Liberty to consent

I am aware that I can withdraw from the project at any time by noticing the person in charge and without being wronged.

The researchers of the project are responsible to notify any significant modification of the project approved by the Ethical Committee.

	Last name/First name	Signature	Date
Researcher			
Person in charge of the project			
Participant			
Witness			

## **ANNEXE C**

## SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DE LA ROUE SMART<sup>WHEEL</sup>

Fréquence d'échantillonnage : 240 Hz

Linéarité: >90%

Résolution numérique: 8 bits A/D

Force maximale mesurable: 150 N

Résolution : 3.0 N

Moment maximal : 75 N·m

Résolution du moment: 2.5 N·m

Mesure de l'angle maximal de la position du point d'application: 360°

Résolution de l'angle : 0.36°

Alimentation : ±15 Volts, 500 mA

Communication série : interface RS-232

## **ANNEXE D**

# CALCUL DE LA FORCE DE RÉSTANCE

## How to estimate the friction.

1. measure the weight of the subject ( $m_{\text{subject}}$ );
2. measure the weight of the wheelchair ( $m_{\text{wheelchair}}$ );
3. whole weigh  $m = m_{\text{subject}} + m_{\text{wheelchair}}$  ;
4. from Fig1 and Fig2:  $F_{\text{simulation}} + \mu N_{\text{rear}} = F_{\text{on ramp}} = mg \sin \alpha$  ;
5. therefore:  $F_{\text{simulation}} = mg \sin \alpha - \mu N_{\text{rear}}$ ;
6. the distribution of the weight on the rear wheel is 60% of the whole weight;
7. therefore:  $F_{\text{simulation}} = mg \sin \alpha - 0.6 \mu mg$ ;
8. For example: subject is 47.7 kg, wheelchair is 21.4 kg, the whole weight is 69.1 kg, on 1:20 ramp,  $F_{\text{simulation}} = 69.1 * 9.8 * \frac{1}{\sqrt{1+20^2}} - 0.6 * 0.072 * 69.1 * 9.8 = 4$  Newton;
9. since the simulated friction force was added on both real wheels, on each real wheel, the added friction force is 2 Newton to simulate the situation on a 1:20 ramp.

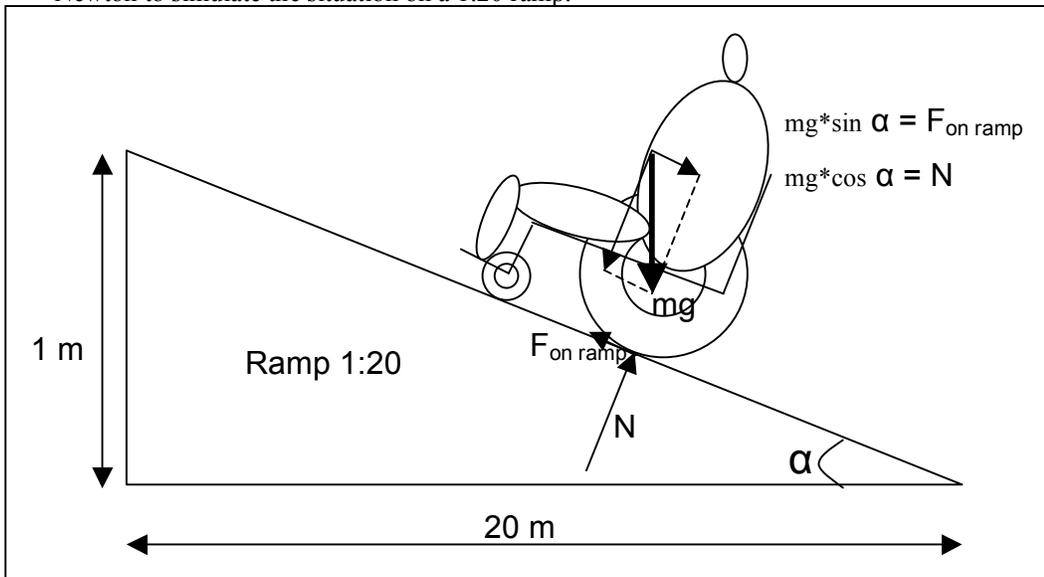


Fig 1: In real situation: wheelchair on ramp 1:20;

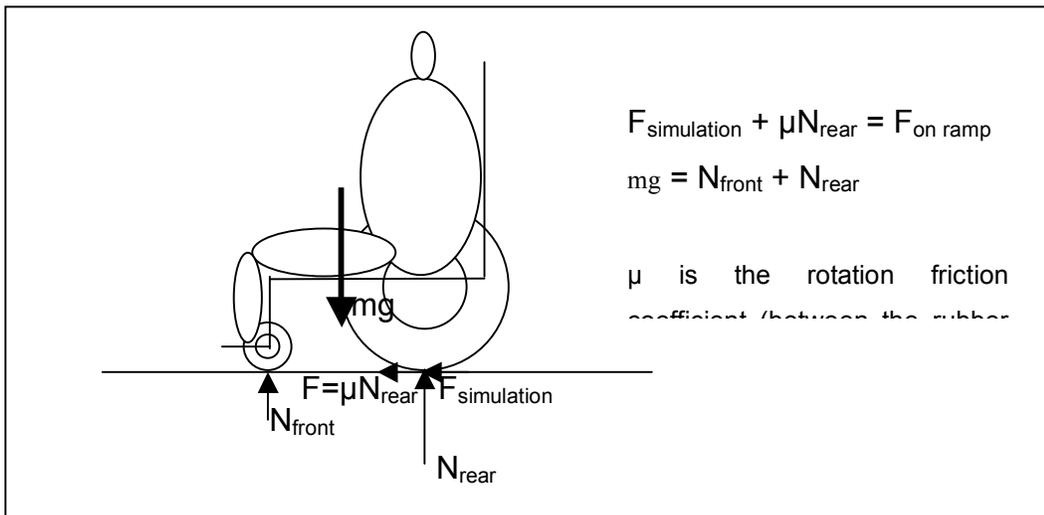


Fig 2: In lab, the simulated friction was added to simulate the situation on ramp 1:20.

## **ANNEXE E**

## DONNÉES BRUTES

sub	age (year)	Grp	s	R10_t1_		R10_t2_		R10_t3_EM		R12_t1_		R12_t2_		R12_t3_EM		R20_t1_		R20_t2_		R20_t3_EM		
				EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM	EM
s1	38	1	M	105,803	105,562	114,218	77,212	100,502	98,789	64,989	61,826	61,261										
s2	23	1	M	126,353	115,397	108,662	111,296	114,061	115,480	79,019	79,766	82,144										
s3	24	1	F	113,085	116,177	120,512	89,376	99,426	92,825	90,083	78,016	84,955										
s4	38	1	M	99,606	96,065	101,525	96,744	99,746	118,035	97,628	95,694	102,256										
s5	21	1	F	121,862	116,208	114,872	105,151	88,357	92,121	97,342	95,124	86,570										
s6	30	1	M	114,240	124,822	127,129	119,313	114,778	117,534	86,981	107,017	91,648										
s7	26	1	F	85,330	81,247	82,411	118,084	94,706	90,012	78,279	80,538	83,702										
s8	23	1	F	112,694	115,646	108,471	117,901	110,639	108,352	85,187	95,473	86,853										
s9	20	1	F	109,574	120,772	118,391	108,958	86,394	93,104	86,309	83,546	93,585										
s10	24	1	M	122,990	121,901	123,928	109,834	118,722	107,916	83,583	101,981	103,655										
s11	21	1	F	118,620	127,663	87,046	136,109	94,188	85,790	93,243	86,654	92,297										
s12	24	1	F	127,784	122,125	113,905	119,603	110,576	114,249	91,207	89,978	94,644										
s13	23	1	M	87,704	91,538	90,994	97,484	92,400	91,955	83,792	68,876	74,966										
s14	31	1	F	133,756	126,566	131,460	127,743	130,969	127,031	89,697	88,309	84,269										
s15	20	1	F	130,337	130,670	135,895	112,633	114,095	122,271	129,972	132,316	135,061										
s16	19	1	F	112,824	114,147	112,043	101,973	118,426	114,489	100,384	84,641	73,424										
s17	19	1	M	93,978	88,567	94,779	95,232	95,518	90,929	88,397	90,136	96,571										
s18	27	1	F	115,022	112,833	97,927	114,404	113,999	117,008	126,097	113,302	124,877										
s19	21	1	F	95,291	88,131	86,832	117,878	78,990	81,092	80,214	76,844	75,860										
s20	33	1	M	127,880	133,308	137,184	127,041	134,822	113,908	83,963	91,633	95,539										
s21	43	2	F	126,152	123,818	118,78	110,609	114,173	120,524	111,685	108,149	105,456										
s22	52	2	M	81,758	111,921	90,423	111,065	86,059	87,245	81,104	73,619	70,857										
s23	49	2	F	119,191	128,967	135,435	93,209	105,781	120,058	90,842	86,988	81,752										
s24	50	2	F	116,639	110,797	107,467	108,017	113,499	104,369	77,316	74,600	87,751										

s25	61	2	F	114,574	109,918	119,160	101,013	102,604	98,611	76,626	84,966	79,256
s26	40	2	F	116,648	119,765	119,921	118,072	114,316	113,955	81,734	77,891	83,792
s27	43	2	M	114,137	120,628	115,203	85,299	106,922	110,347	92,18	89,981	85,812
s28	43	2	F	99,181	99,215	80,937	120,277	114,971	119,059	69,185	66,695	68,159
s29	46	2	F	137,392	133,851	128,061	97,677	97,409	95,524	84,878	83,316	81,121
s30	58	2	F	103,071	104,602	105,335	121,144	124,058	123,972	102,996	104,623	95,500
s31	55	2	F	129,047	118,354	119,393	137,828	132,753	135,230	140,717	114,649	119,354
s32	40	2	F	98,859	116,028	98,940	88,738	92,361	91,257	85,987	91,971	86,550
s33	52	2	M	70,823	77,703	79,210	77,294	69,140	78,321	62,233	67,456	62,200
s34	52	2	F	121,592	110,867	109,554	122,076	121,703	121,803	107,560	96,988	100,402
s35	42	2	M	90,630	89,983	98,341	93,435	84,115	79,350	69,929	75,286	71,222
s36	45	2	F	72,915	74,779	71,287	72,078	69,604	69,144	60,863	57,762	55,529
s37	44	2	M	101,486	102,768	98,932	88,645	86,693	95,406	88,479	85,629	94,625
s38	54	2	M	109,483	99,459	101,273	98,146	91,053	94,188	85,381	73,863	75,471
s39	58	2	M	107,943	100,718	98,096	87,585	103,706	99,359	102,770	101,982	106,002
me	36,718			110,161	110,879	108,626	105,511	104,034	104,122	88,717	87,242	87,411
an												
SD	13,391			16,636	15,516	16,780	16,394	16,023	15,621	16,257	15,240	15,779

sub age (year) s R10\_t1\_ R10\_t2\_ R10\_t3\_EM R12\_t1\_ R12\_t2\_ R12\_t3\_EM R20\_t1\_ R20\_t2\_ R20\_t3\_I

e EM EM EM EM EM EM EM EM EM

x

Visitez notre page d'accueil à l'adresse suivante : [www.schl.ca](http://www.schl.ca)