

Etude portant sur les difficultés de franchissement  
des lacunes quai-seuil par les usagers de fauteuil roulant  
lors de l'accès aux transports guidés

Etude commandée par  
La DGITM

RAPPORT FINAL



**Céline Grange Faivre**

**Aline Alauzet**

**Claude Marin-Lamellet**

## SOMMAIRE

1. INTRODUCTION .....	- 4 -
2. POPULATION .....	- 5 -
2.1. Critères généraux d'inclusion .....	- 5 -
2.2. Constitution de groupes .....	- 5 -
2.2.1. Les utilisateurs de fauteuil roulant manuel avec une limitation fonctionnelle des membres inférieurs (FRMI).....	- 6 -
2.2.2. Les utilisateurs de fauteuil roulant manuel avec une limitation fonctionnelle plus globale : FRMglob.....	- 6 -
2.2.3. Les utilisateurs de fauteuils roulant électriques (FE) .....	- 6 -
2.2.4. Les utilisateurs de fauteuil roulant manuel avec accompagnant (FRMPo).....	- 6 -
2.2.5. Les usagers debout utilisant une aide technique à la locomotion pour se déplacer en extérieur (AT).....	- 7 -
2.3. Répartition selon les groupes.....	- 7 -
3. MATERIEL / METHODE.....	- 7 -
3.1. Situations à tester : entrées/sorties de véhicules .....	- 7 -
3.2. Maquette .....	- 10 -
3.2.1. Le principe .....	- 10 -
3.2.2. Les solutions techniques .....	- 12 -
3.3. Matériel pour le recueil des données.....	- 13 -
3.3.1. Caractéristiques des sujets .....	- 13 -
3.3.2. Mesures expérimentales .....	- 13 -
4. DEROULEMENT DE L'ETUDE .....	- 14 -
4.1. Recrutement des sujets.....	- 14 -
4.2. Principe et passation du protocole expérimental.....	- 14 -
4.2.1. Accueil des sujets :.....	- 14 -
4.2.2. Evaluation personnelle :.....	- 14 -
4.2.3. Expérimentation des lacunes : .....	- 15 -
4.2.4. Débriefing .....	- 16 -
5. RESULTATS .....	- 16 -
5.1. Objectifs des analyses .....	- 16 -
5.2. Description de la population testée .....	- 16 -
5.2.1. Le groupe FRMI.....	- 17 -
5.2.2. Groupe FRMglob.....	- 19 -
5.2.3. Groupe FRE .....	- 21 -
5.2.4. Groupe FRMPo .....	- 23 -
5.2.5. Groupe AT .....	- 24 -

5.3.	Résultats des tests de franchissement de lacunes.....	- 25 -
5.3.1.	Les temps de franchissement des lacunes .....	- 25 -
5.3.2.	Difficultés ressenties et acceptabilité des lacunes .....	- 34 -
5.4.	Debriefing post test .....	- 43 -
5.4.1.	Facteurs personnels .....	- 43 -
5.4.2.	Vécu de l'expérimentation .....	- 44 -
6.	DISCUSSION .....	- 45 -
6.1.	Les franchissements de lacunes : généralités.....	- 45 -
6.2.	Les lacunes par groupe.....	- 46 -
6.2.1.	FRMGlob .....	- 46 -
6.2.2.	FRE.....	- 47 -
6.2.3.	FRMI .....	- 48 -
6.2.4.	FRMPo.....	- 49 -
6.2.5.	AT .....	- 49 -
6.3.	Ecueils.....	- 50 -
7.	Observations in situ .....	- 50 -
7.1.	Plan d'observation.....	- 50 -
7.1.1.	Observations à réaliser.....	- 51 -
7.1.2.	Organisation .....	- 51 -
7.2.	Tramway de la ville de Marseille .....	- 51 -
7.2.1.	Le contexte .....	- 51 -
7.2.2.	Le réseau.....	- 52 -
7.2.3.	Les observations .....	- 53 -
7.3.	Tramway de la ville de Nice .....	- 54 -
7.3.1.	Le contexte .....	- 54 -
7.3.2.	Le réseau.....	- 55 -
7.3.3.	Les observations .....	- 55 -
7.4.	Tramway de la ville de Lyon.....	- 56 -
7.4.1.	Le contexte / le réseau .....	- 56 -
7.4.2.	Les observations .....	- 58 -
8.	CONCLUSION .....	- 59 -
	RESUME .....	- 61 -
	Abstract .....	- 62 -
9.	IDENTITE ET QUALITE DES PERSONNES AYANT PARTICIPES A LA RECHERCHE .....	- 63 -
	ANNEXES .....	- 64 -

## 1. INTRODUCTION

Dans le cadre de l'application de la loi du 11 février 2005 « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » l'arrêté du 13 juillet 2009 émanant du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer (MEEDM) [1] définit les « *dispositions techniques destinées à faciliter l'accès des passagers à mobilité réduite aux véhicules de transport public guidé urbain* »..

Ces dispositions concernent principalement l'accès aux véhicules et précisent notamment les dimensions maximales des lacunes horizontale (50 mm) et verticale (50 mm) entre le nez de quai et le seuil des portes accessibles, « *pour un matériel neuf, à vide, positionné en ligne droite, centré dans l'axe de la voie et par rapport à un nez de quai théorique défini pour le système de transport* ». Ces valeurs maximales de lacune ont été identifiées en fonction de l'état actuel des connaissances, du contexte français et de l'état de l'art en matière de construction de matériel de transport guidé. Afin de prendre en compte la réalité des pratiques des usagers de fauteuils roulants et de tester différentes configurations et dimensions de lacunes, une étude scientifique a été prévue et confiée à l'INRETS / LESCOT par la Direction Générale des Infrastructures des Transports et de la Mer (DGITM), du MEEDM. Le présent rapport rend compte des travaux menés dans le cadre de cette commande.

### **Objectifs de l'étude**

Cette étude avait pour objectif d'analyser le franchissement de la lacune quai-seuil des transports guidés urbains par les personnes en fauteuil roulant, afin de fournir une aide à la détermination des lacunes maximales (verticales et horizontales) admissibles pour permettre l'accès de ces personnes aux transports guidés avec la plus grande autonomie.

Elle a été supervisée par un comité de pilotage, composé d'un représentant du Conseil National Consultatif des Personnes Handicapées, d'une personne chargée de mission Accessibilité et personnes âgées au CERTU, d'un expert consultant spécialisé en Accessibilité des transports collectifs ainsi que de deux personnes de la DGITM, commanditaire de la recherche.

### **Méthodologie**

La méthodologie de l'étude est principalement de nature expérimentale. Elle est basée sur l'analyse du franchissement des lacunes à partir d'une simulation de la situation sur maquette taille réelle, avec des personnes en fauteuil roulant ou s'aidant d'une aide technique à la locomotion, recrutées pour l'expérimentation. Le principe est de tester plusieurs jeux de lacunes horizontale/verticale.

Des observations de terrain en situations réelles de franchissement des lacunes des transports guidés sont ensuite menées en complément (en aval de l'expérimentation), afin d'analyser l'impact, sur la difficulté du franchissement, de paramètres difficilement simulables.

Cette étude s'appuie sur la construction d'un plan d'expérience, permettant d'évaluer les influences, les interactions ainsi que les effets de différents facteurs prédéfinis, sur la capacité des usagers PMR utilisant des fauteuils roulants ou des aides techniques pour se déplacer, à franchir ou non une lacune.

La démarche expérimentale adoptée est classique. Elle comporte :

- la construction du plan d'expérience
  - la définition des critères d'inclusion des sujets dans l'étude,
  - la définition de la méthode d'évaluation, des facteurs à tester et des paramètres à recueillir,
  - la définition du déroulement précis du protocole expérimental
- le recrutement des sujets
- la passation de l'expérimentation avec le recueil des données
- l'analyse des données recueillies et la mise en forme des résultats

## **2. POPULATION**

### ***2.1. Critères généraux d'inclusion***

La population ciblée pour cette étude est constituée de personnes présentant une déficience motrice entraînant des troubles de la locomotion et une gêne importante lors d'un déplacement en transport guidé urbain. Les sujets inclus dans l'étude doivent être capables d'emprunter ces modes de transport (essentiellement tramway, métro et tram-train) et utiliser une aide technique à la locomotion. Cependant, l'utilisation effective de ces modes de transport n'est pas un critère d'inclusion.

Les sujets testés doivent être capables de comprendre les consignes transmises lors de l'expérimentation et de mettre en application les actions demandées. Ils devront être capables de donner leur consentement éclairé avant de débiter l'expérimentation et de répondre de manière cohérente et raisonnée aux différents questionnaires prévus.

Ils doivent pouvoir se déplacer sans l'aide des expérimentateurs, seuls en toute autonomie ou avec un accompagnant habituel autre que l'expérimentateur. L'autonomie complète de déplacement dans les transports collectifs n'est donc pas un critère d'inclusion.

Ces critères sont peu restrictifs et permettent d'inclure des populations variées, à classer en différents sous-groupes, chacun ayant ses propres critères d'inclusion. En effet, en plus d'un nombre de sujets visé, c'est la diversité des personnes et des situations à tester qui est recherchée. Cette variété a pour objectif d'atteindre un panel très large d'usagers PMR pouvant être touchés par les dimensions maximales de lacunes imposées.

### ***2.2. Constitution de groupes***

Les personnes présentant une déficience motrice entraînant des troubles de la locomotion et une gêne importante lors d'un déplacement en transport guidé urbain constituent une population très large et surtout hétérogène. Dans l'objectif, d'une part d'inclure tous les types de limitation de mobilité et d'autre part de pouvoir produire des résultats prenant en compte les capacités fonctionnelles des sujets et le type d'aide technique à la locomotion utilisée, différents groupes ont été distingués :

2.2.1. Les utilisateurs de fauteuil roulant manuel avec une limitation fonctionnelle des membres inférieurs (FRMI)

Les sujets de ce groupe doivent posséder un fauteuil roulant manuel et l'utiliser au cours de leurs déplacements extérieurs habituels. Ils ont une mobilité des membres inférieurs fortement réduite mais une mobilité des membres supérieurs leur permettant d'être complètement mobiles et autonomes avec leur fauteuil roulant manuel. Aucune atteinte motrice et sensorielle ne devra être déclarée au niveau des membres supérieurs et du tronc.

Ils doivent être capables de se déplacer seuls, sans assistance quelconque.

Ils doivent être âgés de 18 ans et plus et donner leur consentement éclairé pour cette étude.

2.2.2. Les utilisateurs de fauteuil roulant manuel avec une limitation fonctionnelle plus globale : FRMglob

Les sujets de ce groupe doivent posséder un fauteuil roulant manuel et l'utiliser au cours de leurs déplacements extérieurs habituels. Ils doivent être capables de se déplacer seuls avec leur fauteuil roulant manuel, sans assistance quelconque, mais ont une capacité fonctionnelle plus réduite que le groupe précédent. La mobilité des membres inférieurs est fortement réduite voir inexistante et celle des membres supérieurs et/ou du tronc est atteinte. Différents degrés d'atteinte motrice et sensorielle peuvent être acceptés, à condition que les sujets remplissent les autres critères d'inclusion de ce groupe.

Ils doivent être âgés de 18 ans et plus et donner leur consentement éclairé pour cette étude.

2.2.3. Les utilisateurs de fauteuils roulant électriques (FE)

Les sujets de ce groupe doivent posséder un fauteuil roulant électrique et l'utiliser au cours de leurs déplacements extérieurs habituels. Ils doivent être capables de se déplacer en fauteuil roulant électrique seuls, sans assistance quelconque.

Ils doivent être âgés de 18 ans et plus et donner leur consentement éclairé pour cette étude.

2.2.4. Les utilisateurs de fauteuil roulant manuel avec accompagnant (FRMPo)

Les sujets de ce groupe doivent posséder un fauteuil roulant manuel et l'utiliser au cours de leurs déplacements extérieurs habituels. Ils doivent se déplacer avec l'assistance d'un tiers pour pousser le fauteuil roulant manuel.

Ils doivent être âgés de 18 ans et plus et donner leur consentement éclairé pour cette étude.

### 2.2.5. Les usagers debout utilisant une aide technique à la locomotion pour se déplacer en extérieur (AT)

Les sujets de ce groupe doivent posséder des béquilles, cannes ou déambulateur et les utiliser au cours de leurs déplacements extérieurs de façon routinière. Ils doivent être capables de se déplacer sans l'assistance d'un tiers.

Ils doivent être âgés de 18 ans et plus et donner leur consentement éclairé pour cette étude.

## 2.3. Répartition selon les groupes

L'objectif en termes de répartition des sujets selon les groupes était non pas d'obtenir une répartition représentative de la répartition réelle dans la population cible, mais d'avoir un nombre de sujets suffisant dans chaque groupe afin de pouvoir analyser de manière qualitative les difficultés propres à chaque groupe et de mener des analyses permettant d'identifier d'éventuels effets du facteur « groupe » (type de limitation x type d'aide technique) sur la réalisation de la tâche d'entrée/sortie.

L'échantillonnage (nombre précis de sujets par groupe) a été calculé au cours de la pré-étude "sujets" réalisée dans le cadre de la constitution du plan d'expérience.

**Note : Une diversité des aides techniques à la locomotion et plus particulièrement des fauteuils roulants quant à leurs caractéristiques a été recherchée.** L'objectif était de représenter le panel le plus large possible de FR afin de couvrir un maximum de couples usager – fauteuil que l'on pourrait rencontrer dans la réalité. Les caractéristiques des aides techniques ont été enregistrées et sont détaillées dans le rendu des résultats. Par ailleurs, l'objectif était d'avoir un échantillon le plus équilibré possible concernant les paramètres âge, sexe, usage des TC, forme physique.

## 3. MATERIEL / METHODE

### 3.1. Situations à tester : entrées/sorties de véhicules

Les situations à tester par les différents groupes de sujets sont les franchissements de seuils définis par des couples de lacunes verticales et horizontales de taille variable, en entrée et en sortie de véhicule. Les choix de couples de lacunes à tester ont été opérés à partir des résultats issus de travaux scientifiques.

Il existe, dans la littérature récente, deux études expérimentales sur le même thème, qui sont intéressantes mais insuffisantes pour répondre directement à la question posée. En effet, la première étude est celle de Daamen, De Boer et De Kloe [2], réalisée aux Pays-Bas, pour les bus. Elle a permis d'étudier différentes dimensions de lacunes (verticales et horizontales) chez différentes personnes PMR (classées selon leur type d'aide à la locomotion) (voir Tableau 1).

Situations	Lacunes horizontales (mm)	Lacunes verticales (mm)
1	20	20
2	50	20
3	50	50
4(*)	120	30
5(*)	100	100

**Tableau 1: Couples de lacunes étudiés dans l'expérimentation Daamen, De Boer et De Kloe [2]**

Le choix des lacunes testées (5 situations) a été justifié par différentes recommandations, notamment celles figurant dans l'ADA (Americans with Disabilities Act [3]) ou celles issues de recherches britanniques, mais également par le contexte local (exploitation et standard hollandais), ce qui mène à un panel de situations dont le choix ne se justifie pas en France. En effet, les valeurs de lacunes des situations 4 et 5 (notées \*) - Tableau 1) sont hors cadre de la législation française puisque la lacune maximale préconisée par l'arrêté [4] est de 50 mm x 50 mm. Les Situations 1, 2, et 3 (en bleu dans le Tableau 1) sont en revanche dans la logique de l'étude à réaliser. Les résultats de cette expérimentation montrent que jusqu'à la lacune 50 x 50, les situations sont "acceptables" bien que certains sujets ne franchissent pas l'obstacle. La lacune 120 x 30 représente une difficulté importante surtout pour les usagers en fauteuils roulants, tant manuels qu'électriques et enfin, la lacune 100 x 100 représente une barrière réelle pour la plupart des sujets testés. Cependant, ces résultats se révèlent insuffisants par rapport aux objectifs fixés car ils sont donnés sous forme binaire : réussite ou échec de franchissement, ce qui semble insuffisant pour décrire les difficultés que peuvent rencontrer les PMR lors du franchissement de lacunes, notamment en termes de confort.

Une autre étude, japonaise, réalisée par Hashizume, Yoneda, Kitagawa et coll. [5, 6] a permis d'étudier un nombre plus important de lacunes (72 situations).

		Lacunes horizontales (mm)								
		0	10	20	30	40	50	60	70	80
Lacunes verticales (mm)	0	●	●					*	*	*
	5	●	●					*	*	*
	10	●	●					*	*	*
	15	●	●					*	*	*
	20							*	*	*
	30							*	*	*
	40							*	*	*
	50							*	*	*

**Tableau 2: Couples de lacunes étudiés dans l'expérimentation Hashizume, Yoneda, Kitagawa et coll. [5, 6]**

Le Tableau 2 indique les lacunes testées par cette équipe japonaise, avec la distinction de celles qui sortent du cadre des objectifs fixés pour notre étude (en jaune) et de celles qui sont intéressantes (en rouge). Au-delà de 50 mm en horizontal et en vertical, la même remarque que pour l'étude hollandaise peut être faite, à savoir que les valeurs de lacunes des situations indiquées « \* » dans le Tableau 2 sont hors cadre de la législation française puisque la lacune maximale préconisée par l'arrêté [4] en France est de 50 mm x 50 mm.

Une nuance est à apporter car au-delà de la législation spécifique liée aux transports guidés urbains, il existe une réglementation européenne pour les transports ferroviaires, la Spécification d'Interopérabilité Ferroviaire Accessibilité aux Personnes à Mobilité Réduite (ou STI PMR) [7] qui impose une lacune verticale à 50 mm et une lacune horizontale à 75 mm. La législation française ayant intégré le 30 juillet 2008 [8] pour les transports ferrés lourds la réglementation européenne, il est apparu intéressant de retenir dans cette étude les dimensions de cette lacune.

En revanche, les situations en-deçà de 20 mm en horizontal et en vertical (identifiées « ● » dans le tableau 2) ne sont pas retenues puisque la demande des usagers eux-mêmes est de 20 mm x 20 mm (d'après les recommandations du COLIAC [9]).

Pour les autres situations, les résultats des lacunes testées (entre 20 mm x 20 mm et 50 mm x 50 mm) ne sont pas suffisamment complets pour pouvoir les transférer au contexte français. En effet, les sujets ont été classés par types de capacités fonctionnelles : ils ont été distingués selon leur niveau métamérique de lésion médullaire et leur force de propulsion. Mais ils étaient peu nombreux (14 au total) et trop homogènes, tant du point de vue des capacités fonctionnelles (puisque'ils étaient tous blessés médullaires, limitant ainsi les différences de caractéristiques), que de l'âge (moyenne d'âge de 30,2 ans pour l'ensemble) et du genre (seulement 2 femmes). Les résultats peuvent donc difficilement être généralisables et nécessitent de nouveaux tests avec un nombre plus important de sujets.

Ces deux études offrent des informations intéressantes sur les couples de lacunes à étudier et celles qui ne sont pas réellement utiles dans l'objectif de l'étude française. Les couples de lacunes choisis sont indiqués sur le Tableau 3. NB : dans la suite de ce rapport, la mention d'un couple de lacunes est faite par la notation « lacune verticale x lacune horizontale » (tailles en mm) ; (ex : 20 x 75).

Lacunes horiz. (mm) Lacunes vertic. (mm)	20	35	50	75
20	X	X	X	X
30	X	X	X	X
40	X	X	X	X
50	X	X	X	X

**Tableau 3: Jeux de lacunes verticales et horizontales à tester (X) par cette étude**

Ces lacunes entre un véhicule de transport guidé urbain et les quais sont simulées par l'intermédiaire d'une maquette à échelle 1/1.

### 3.2. Maquette

La réalisation d'une maquette d'évaluation de lacunes entre les quais et un véhicule guidé permet de simuler la réalité et de mesurer les effets des hauteurs et largeurs de lacunes sur les capacités de franchissement des usagers, de manière reproductible à l'identique. Il s'agit ici d'identifier l'éventuelle gêne, plus ou moins importante, ou les barrières que ces lacunes peuvent représenter pour des personnes présentant une déficience motrice entraînant des troubles de la locomotion et une gêne importante lors d'un déplacement en transport guidé urbain.

#### 3.2.1. Le principe

L'installation est constituée de trois plateformes d'environ 2 m x 5 m chacune, disposées parallèlement.

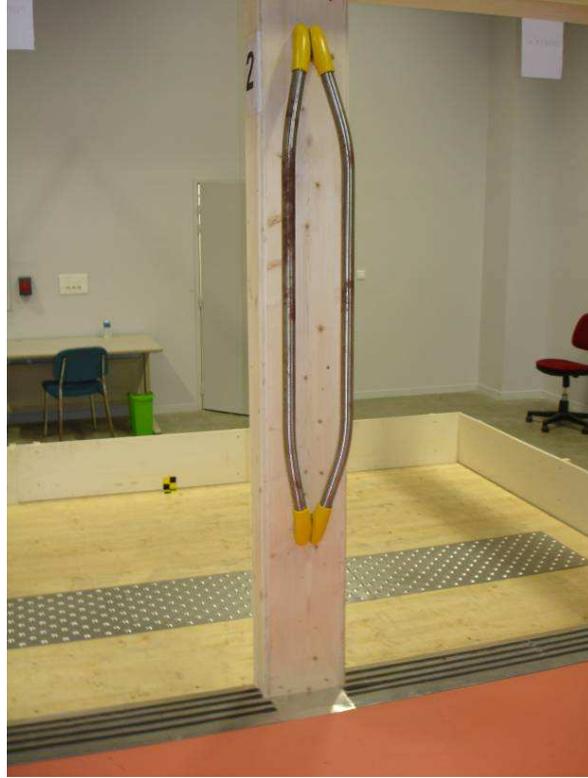
- Simulation du véhicule

La plateforme centrale simulant le véhicule est réglable en hauteur avec une course maximale de 80 mm. Elle reproduit par ailleurs un léger affaissement lors de la montée des passagers et un léger rehaussement lors de la sortie des passagers. Le système de vérins pneumatiques installé permet l'ajustement des différentes hauteurs attendues et reproduit une sensation d'écrasement léger au moment de la montée dans le véhicule simulé.



Des portes sont simulées de chaque côté du véhicule. Chacune d'elles mesure 1 m 15 de large et 2 m de hauteur.

Des barres de maintien verticales de type Citadis Lyon (Alstom) encadrent chaque montant. Le revêtement de sol est composé de linoléum, similaire à celui que l'on peut trouver à l'intérieur des tramways.



Un seuil est également intégré au bord de chaque entrée. Il se rapprochera des seuils existants actuellement, avec la reproduction du biseau et de la légère pente au niveau de l'angle d'attaque ainsi que de la matière antidérapante et contrastée.



- Simulation des quais

Les deux plateformes extérieures représentant les quais d'embarquement sont fixes. Elles sont constituées de bois mélaminé. Les bords des plateformes sont découpés en "escaliers" afin de

reproduire 2 largeurs de lacunes différentes par quai, soit un total de 4 largeurs. Une rampe permet d'accéder aux deux plateformes-quais. Une bande d'éveil de vigilance podotactile (BEV) est intégrée selon la législation en vigueur (type, espacement par rapport au bord du quai...).



### 3.2.2. Les solutions techniques

Les trois plateformes sont construites en médium d'épaisseur 22 mm reposant sur des châssis en bois de charpente. La plateforme centrale repose sur 8 vérins pneumatiques souples de débattement maximal de 100 mm. Des cales sont placées sous la maquette du véhicule afin d'obtenir les hauteurs souhaitées par rapport au quai fixe (20, 30, 40 et 50 mm).



### **3.3. Matériel pour le recueil des données**

Les recueils expérimentaux portent d'une part sur certaines caractéristiques des personnes testées et de leurs aides techniques, d'autre part sur les mesures liées au test lui-même.

#### **3.3.1. Caractéristiques des sujets**

Les caractéristiques recueillies sont celles qui sont susceptibles d'avoir un effet sur les résultats aux tests : l'âge, le sexe, la forme physique, les caractéristiques physiques du FR ou de l'aide technique, ainsi que les habitudes liées à l'utilisation des transports en général. Trois questionnaires ont été conçus :

- Un questionnaire de présentation : il permet d'identifier les caractéristiques de la personne (âge, sexe, taille, masse,...), de son aide technique (diamètres et largeurs des roues, largeur de l'assise,...), ainsi que ses habitudes quant à l'utilisation de différents modes de transports tels que la voiture personnelle, le métro, le tramway, le bus ou le transport à la demande (TPMR : transports spécialisés pour les PMR), incluant les choix de modes, les fréquences d'utilisation...
- La MIF (Mesure de l'Indépendance Fonctionnelle) : la grille d'évaluation de la MIF comporte 13 items moteurs et 5 items cognitifs regroupés sous forme de rubriques (soins personnels, contrôle vésicaux-sphinctériens, mobilité, locomotion, communication et conscience du monde extérieur) (annexe 1). Elle mesure les performances du sujet selon 7 niveaux fonctionnels, représentant les possibilités du sujet à réaliser ces actes de la vie quotidienne [10-12].
- Un questionnaire permettant l'évaluation de la dépense énergétique journalière : inspiré du questionnaire d'Activité Physique de Saint Etienne (QAPSE [13, 14]), ce questionnaire est composé de 82 questions réparties en 7 grands thèmes (sommeil, occupation à domicile, activités de loisirs, repas, soins corporels, déplacements, activités professionnelles)[15]. Le sujet doit répondre aux différentes questions posées, dans le but de quantifier le temps passé chaque semaine ou chaque jour pour chaque activité. La dépense énergétique journalière de l'individu peut être calculée en prenant en compte la durée passée à effectuer les différentes activités de la vie quotidienne (en KJ/Jour). Ce questionnaire ayant été conçu au départ pour les personnes déficientes cardiaques, Martin Garet (Laboratoire de physiologie de Saint-Etienne) a permis de l'adapter pour les sujets de notre étude.

#### **3.3.2. Mesures expérimentales**

Des échelles analogiques visuelles sont élaborées pour le recueil de la difficulté ressentie lors des montées et descentes ainsi que de l'acceptabilité des lacunes. Un système d'enregistrement vidéo est installé pour capter la réalisation des franchissements de lacunes et de permettre l'analyse a posteriori des différentes stratégies employées. Enfin, un chronométrage est mis en place pour la mesure du temps de franchissement.

## 4. DEROULEMENT DE L'ETUDE

### 4.1. Recrutement des sujets

Pour la pré-étude :

Des experts et des sujets tests ont permis de tester l'expérimentation prédéfinie et d'apporter des améliorations (tant au niveau des mesures envisagées que des caractéristiques des paramètres à tester ou encore des matériels utilisés). Elle a permis également de définir le nombre de sujets nécessaires au total et dans chaque groupe prédéfini.

Pour l'étude elle-même :

Le choix des sujets à recruter a été réalisé à partir des critères d'inclusion cités précédemment. Il s'est limité à la région lyonnaise pour des raisons purement pratiques et financières.

La recherche de sujets a démarré par la prise de contact avec des associations de personnes handicapées, réalisée par contact téléphonique ou bien via Internet (blog de personnes, sites participatifs par exemple). Une page d'appel spéciale a été également conçue sur le site de l'Inrets. Outre les contacts pris activement, le bouche à oreille et la diffusion interindividuelle ont contribué au recrutement.

La participation des sujets à cette étude a fait l'objet d'une indemnisation individuelle de 35 € plus 15 € maximum pour les frais de transports engagés pour se rendre sur le lieu d'expérimentation.

Une assurance a été contractée afin de couvrir toute personne susceptible d'intervenir au cours du protocole, tant au niveau de la pré-étude que de l'étude elle-même.

### 4.2. Principe et passation du protocole expérimental

#### 4.2.1. Accueil des sujets :

Les sujets se déplacent librement jusqu'au site de l'INRETS à Bron. S'ils possèdent un véhicule particulier, une place de parking spéciale PMR leur est réservée. Un expérimentateur les fait entrer dans la salle d'accueil des sujets prévue à cet effet. Le bâtiment est entièrement accessible et comprend des sanitaires adaptés aux personnes en FR.

#### 4.2.2. Evaluation personnelle :

Après la description du protocole expérimental faite au sujet, le consentement de participation à l'étude, libre et éclairé, est rempli et signé. Puis le recueil par questionnaire des caractéristiques de la personne et de son aide technique est effectué.

#### 4.2.3. Expérimentation des lacunes :

- Situation 0 :

Le sujet est amené dans la salle d'expérimentation et monte sur le quai, au niveau d'un emplacement d'essai prévu à cet effet. Le sujet peut essayer le franchissement du quai au véhicule librement, sans aucune évaluation ni mesure. Cette situation 0 fait office de situation d'habituation du matériel, permettant de supprimer le biais possible d'influence d'effet de la structure-test sur les réponses des sujets au cours de l'expérimentation. Les lacunes verticale et horizontale sont quasiment nulles, elles se rapprochent de 0 mm pour chacune. Le sujet est autorisé à faire autant de franchissements qu'il le souhaite.

- Situations tests :

L'ordre de passage des situations tests est déterminé de façon aléatoire pour chaque sujet et débute toujours par une entrée, suivie d'une sortie du véhicule.

Le sujet a deux essais par situation pour franchir la lacune soumise. L'expérimentateur effectue l'enregistrement vidéo pour chaque essai. En cas d'échec pour une des tâches, le sujet est aidé pour pouvoir réaliser la suivante (ex : en cas d'échec de la montée 1, le sujet doit réaliser sa descente 1 avant de ressayer la montée 2...).

La mesure du temps est réalisée. Elle permet de fournir une information sur le temps nécessaire à la personne pour franchir la lacune testée. Une limite temporelle est par ailleurs instaurée afin de valider un essai comme étant réussi ou non. Elle est fixée à une minute. Cette limitation temporelle est supérieure au temps moyen réel d'arrêt routinier d'un tramway en station car ce temps en exploitation peut être allongé par le conducteur si un besoin particulier se fait sentir (une personne en fauteuil roulant par exemple). Si le sujet dépasse cette limite de temps avant de réussir à monter ou descendre du véhicule, l'essai n'est donc pas validé et l'expérimentateur interrompt le sujet. Le départ est donné au premier mouvement du FR. La position de départ est matérialisée par la BEV sur le quai (la personne se place juste derrière) et par une ligne au sol à l'intérieur du véhicule. Le sujet se positionne comme il le souhaite avant le début de l'enregistrement du temps.

Le critère de réussite d'un essai se base sur une observation objective : le FR doit être entièrement à l'intérieur du véhicule simulé et les roues arrières avoir franchi une ligne matérialisée au sol.

A la fin de chaque franchissement (entrée ou sortie), une échelle visuelle analogique (allant de 0 à 10, transformée en 0 à 100 dans l'analyse des données pour plus de précision) de difficulté perçue est soumise au sujet afin de recueillir directement son ressenti sur la difficulté de la tâche réalisée. Le sujet doit se situer sur l'échelle en pointant du doigt l'endroit qu'il estime être le plus juste par rapport à son ressenti. 0 correspond à **aucune difficulté** et 10 à **difficulté maximale**.



Figure 1: Echelle visuelle analogique de difficulté perçue de la lacune testée

A la suite de la combinaison entrée – sortie d'une situation test, une échelle visuelle (de même type que la précédente) d'acceptabilité de la lacune testée est soumise au sujet. 0 correspond à ***pas acceptable du tout*** et 10 à ***totalelement acceptable***.

#### 4.2.4. Débriefing

Un débriefing est prévu sous forme d'entretien semi-directif avec chaque sujet après le passage de toutes les situations tests dans la salle de verbalisation, au calme, en tête à tête. Cet entretien a pour objectif de réaliser un retour sur l'expérimentation mais également de recueillir l'avis du sujet, son ressenti et son analyse des situations exécutées. Il permet d'approfondir les données observées au cours des tests et de compléter les variables objectives. Ce débriefing a pour objectif d'apporter des informations qualitatives supplémentaires et de terminer l'expérimentation.

## 5. RESULTATS

### 5.1. Objectifs des analyses

Les analyses réalisées visent à :

- associer les résultats différenciés par groupe à chaque couple de lacunes testé. Ces résultats portent sur la réalisation de la tâche d'entrée et de sortie, la difficulté perçue ainsi que l'acceptabilité de la situation.
- apporter des informations de nature plus qualitative sur le franchissement des lacunes testées, basées d'une part sur l'observation des stratégies utilisées pour le franchissement (type d'approche, levée éventuelle des roues avant, orientation du fauteuil, ...) et d'autre part sur les entretiens avec les personnes.
- resituer a posteriori l'expérimentation par rapport à la situation réelle, afin de donner les limites de son interprétation.

### 5.2. Description de la population testée

Les résultats obtenus sont donnés pour les 49 sujets (28 hommes et 21 femmes) ayant participé à l'étude, par groupe. Les trois tableaux suivants décrivent les variables contrôles pour tous les sujets

testés, par groupe. En aucun cas les groupes ne sont agrégés, car le groupe ainsi formé ne serait représentatif d'aucune réalité.

	FRMinf	FRMglob	FRE	FRMpo	AT
<b>n sujets</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>6</b>
<b>Hommes</b>	11	6	10	0	1
<b>Femmes</b>	0	1	12	3	5
<b>Age (±)</b>	47.4 ± 12.6	40.4 ± 12.4	41.5 ± 11.2	60.7 ± 11	51.5 ± 18.6
<b>MIF (±) /126</b>	116 ± 3	101 ± 12	85 ± 17	88 ± 25	116 ± 3
<b>DEJ (kJ/24h) (±)</b>	9976 ± 3849	9117 ± 3900	9546 ± 2425	8307 ± 1354	9530 ± 2280

**Tableau 4:** Caractéristiques par groupe des sujets testés pour l'expérimentation sur maquette

	FRMI	FRMGlob	FRE	FRMPo
<b>n de FR différents testés</b>	9	7	11	3
<b>Diamètre roues avant (cm)</b>	Entre 9.5 et 19	Entre 12 et 20	Entre 17 et 34	Entre 12 et 20
<b>Epaisseur roues avant (cm)</b>	Entre 2.5 et 9	Entre 3 et 4	Entre 4 et 9	Entre 3 et 4

**Tableau 5:** caractéristiques des fauteuils roulants utilisés pour se déplacer par les sujets, par groupe

Fréquence d'utilisation	FRMI	FRMGlob	FRE	FRMPo	AT
<b>Transports collectifs</b>	Moyenne	Moyenne	Importante	Faible	Moyenne
<b>TPMR*</b>	Faible	Moyenne	Hétérogène	Faible	Très faible
<b>Mobilité globale</b>	Importante	Moyenne	Hétérogène	Faible	Moyenne

**Tableau 6:** caractéristiques des déplacements des sujets testés

\*TPMR : Transport spécialisé pour les personnes à mobilité réduite

Dans les parties suivantes, chaque groupe est détaillé et décrit par le biais des caractéristiques des sujets (âge, sexe, MIF, DEJ), des aides techniques utilisés pour la locomotion lors des déplacements par les personnes testées et de leur profil de déplacement.

### 5.2.1. Le groupe FRMI

Ce groupe est composé de 11 sujets, tous de sexe masculin.

	Moy.	Ec. type	Min	Max
<b>Age</b>	47,4	12,6	35,0	71,0
<b>MIF/126</b>	116,6	3,1	108,0	119,0
<b>DEJ</b>	9976	3849	4678	17223

**Tableau 7:** Age, résultats de la mesure d'indépendance fonctionnelle (MIF) et de la dépense énergétique journalière (DEJ, en KJ / 24H) des sujets du groupe FRMI

## 5.2.1.1. Aides techniques utilisées :

Les personnes de ce groupe utilisent des fauteuils roulants manuels et certains avec implémentation d'un système d'aide à la propulsion de type E-Motion. Les fauteuils les plus fréquents dans ce groupe (utilisés dans le cadre de l'expérimentation) sont ceux de la marque Kuschall : les modèles compétition, champion et ultra light. Les autres matériels sont composés d'un FR Invacare Action 4 (implémenté du système E-Motion), d'un Meyra en version X1 et d'un en X3, d'un Sopur personnalisé, d'un Ottobock et d'un Quickies RXS.

	Diamètre roues av (cm)	épaisseur roues av (cm)	Largeur d'assise (cm)
<b>Moyenne</b>	13,1	3,4	38,7
<b>Ecart-type</b>	2,4	0,9	3,1
<b>Min</b>	9,5	2,5	34
<b>Max</b>	19	5	44

**Tableau 8:** Diamètre, épaisseur des roues avant et largeur de l'assise des fauteuils roulants des sujets du groupe FRMI

Sur les 11 sujets, 9 types de fauteuils roulants ont pu être testés, avec des diamètres et des épaisseurs de roues avant variables (entre 9.5 et 19 cm pour le diamètre et 2.5 et 5 cm pour l'épaisseur). La variation de la configuration des roues avant n'est pas très importante, hormis un sujet utilisant un FR avec un diamètre de roue à 19 cm et épaisseur 5 cm (la majorité étant à 12 cm de diamètre et 3 à 4 cm d'épaisseur).



**Figure 2:** FR Invacare Action 4



**Figure 3:** FR Quickie RXS

Ces deux images illustrent les différences de diamètre et d'épaisseur des roues avant des fauteuils roulants manuels testés.

## 5.2.1.2. Profils de déplacement

Les personnes de ce groupe ont des types de déplacements urbain-urbain pour 5 d'entre elles, périphérie-urbain pour 4 d'entre elles et une personne réalise des déplacements de type rural-urbain. Un sujet de ce groupe n'a pas répondu au questionnaire de mobilité, une valeur est donc manquante (soit n=10 au lieu de n=11).

Concernant la fréquentation des transports collectifs urbains, le tableau ci-dessous décrit les modes de déplacement les plus couramment utilisés par les différents sujets :

	Métro	Tramway	Bus	TPMR*	Voiture
<b>Tous les jours ou presque</b>	1	0	2	0	4
<b>Une à 2 fois par semaine</b>	2	2	1	0	2
<b>Deux à 3 fois par mois</b>	3	4	2	0	1
<b>Moins de 2 à 3 fois par mois</b>	1	3	2	2	0
<b>Jamais</b>	3	1	3	8	3
<b>Total</b>	10	10	10	10	10

\* Transports pour les personnes à mobilité réduite

**Tableau 9:** Fréquence d'utilisation de différents modes de transport pour les sujets du groupe FRMI

Très peu de sujets de ce groupe (seulement 2 et à une fréquence de moins de 2 à 3 fois par mois) utilisent les transports réservés aux PMR (TPMR).

En analysant les données par sujet, aucune personne de ce groupe n'emprunte jamais un des 4 modes proposés. Un seul sujet les utilise à une fréquence faible (1 prend seulement le tramway moins de 2 à 3 fois par mois). Cette personne utilise sa voiture tous les jours ou presque. En revanche, lorsque l'on différencie transports de surface (bus + tramway) et transports guidés (métro et tramway), un sujet n'utilise jamais de transport guidé, uniquement le bus. Cette personne n'utilise jamais de voiture, ses déplacements sont donc réduits, elle a une mobilité très faible.

 5.2.2. Groupe FRMGlob

Ce groupe est composé de 7 personnes, dont 6 hommes et une femme.

	Moy.	Ec. type	Min	Max
<b>Age</b>	40,4	12,4	30,0	58,0
<b>MIF/126</b>	101,6	12,5	83,0	116,0
<b>DEJ</b>	9117	3900	3603	15975

**Tableau 10:** Age, résultats de la mesure d'indépendance fonctionnelle (MIF) et de la dépense énergétique journalière (DEJ, en KJ/24H) des sujets du groupe FRMGlob

## 5.2.2.1. Aides techniques utilisées :

Les personnes de ce groupe utilisent des fauteuils roulants manuels et un sujet a ajouté un système d'aide à la propulsion de type E-Motion. Les fauteuils utilisés par les sujets de ce groupe au cours de cette expérimentation sont : le modèle Kuschall champion, le FR Invacare Action 3, le Poirier Action 2000, le Sopur Neon Sunrise, le Breezy (avec le système E-Motion implémenté), le Sopur Easy max et le Meyra.

	Diamètre roues av (cm)	épaisseur roues av (cm)	Largeur d'assise (cm)
<b>Moyenne</b>	16,3	3,3	40,0
<b>Ecart-type</b>	4,0	0,5	3,5
<b>Min</b>	12	3	34
<b>Max</b>	20	4	44

**Tableau 11:** Diamètre, épaisseur des roues avant et largeur de l'assise des fauteuils roulants des sujets du groupe FRMGlob

Sur les 7 sujets, 7 types de fauteuils roulants ont pu être testés, avec des diamètres et des épaisseurs de roues avant variables (entre 12 et 20 cm pour le diamètre et 3 et 4 cm pour l'épaisseur). La variation de la configuration des roues avant est très réduite pour ce groupe, les FR utilisés étant relativement homogènes.

## 5.2.2.2. Profils de déplacements

Les personnes de ce groupe ont des types de déplacements urbain – urbain pour 2 d'entre elles, périphérie-urbain pour 4 d'entre elles et une personne réalise des déplacements de type rural-urbain. Concernant la fréquentation des transports collectifs urbains, le tableau ci-dessous décrit les modes de déplacements les plus couramment utilisés par les différents sujets :

	Méto	Tramway	Bus	TPMR*	Voiture
<b>Tous les jours ou presque</b>	0	2	2	2	2
<b>Une à 2 fois par semaine</b>	2	1	1	1	0
<b>Deux à 3 fois par mois</b>	1	1	1	1	0
<b>Moins de 2 à 3 fois par mois</b>	1	1	1	0	0
<b>Jamais</b>	3	2	2	3	5
<b>Total</b>	7	7	7	7	7

\* Transports pour les personnes à mobilité réduite

**Tableau 12:** Fréquence d'utilisation de différents modes de transport pour les sujets du groupe FRMGlob

Les sujets de ce groupe sont plus enclins à utiliser les transports réservés aux PMR (TPMR) que le groupe précédent, puisque plus de la moitié les emprunte régulièrement au moins 2 à 3 fois par mois. Mais 3 personnes ne les utilisent jamais.

En analysant les données par sujet, une personne n'utilise jamais les transports collectifs urbains et une autre ne prend que le bus, peu fréquemment (moins de 2 à 3 fois par mois). Ces deux personnes ne prennent donc jamais de transport guidé urbain (métro ou tramway) mais utilisent leur voiture personnelle tous les jours ou presque.

### 5.2.3. Groupe FRE

Ce groupe est composé de 22 personnes, dont 10 hommes et 12 femmes.

	<b>Moy.</b>	<b>Ec. type</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Age</b>	41,5	11,2	19,0	66,0
<b>MIF/126</b>	85,4	17,1	55,0	108,0
<b>DEJ</b>	9546	2425	6067	14353

**Tableau 13:** Age, résultats de la mesure d'indépendance fonctionnelle (MIF) et de la dépense énergétique journalière (DEJ, en KJ/24H) des sujets du groupe FRE

#### 5.2.3.1. Aides techniques utilisées :

Les personnes de ce groupe utilisent des fauteuils roulants électriques et non des fauteuils manuels électrifiés. Les fauteuils les plus rencontrés au cours de cette expérimentation sont les Invacare : les modèles Storm 3, Storm X, Storm XS, Mistral et Mirage. Un usager utilise un modèle Phoenix.

Viennent ensuite les fauteuils Ottobock (dont notamment le B600 et l'A200) et les Meyra (dont les Avantage 2). Un usager se déplace avec un Permobil et un autre avec un Tracer.

	<b>Diamètre roues avant (cm)</b>	<b>épaisseur roues av (cm)</b>	<b>Largeur d'assise (cm)</b>
<b>Moyenne</b>	22,7	6,3	42,5
<b>Ecart-type</b>	3,9	1,7	2,1
<b>Min</b>	17	4	36
<b>Max</b>	34	9	45

**Tableau 14:** Diamètre, épaisseur des roues avant et largeur de l'assise des fauteuils roulants des sujets du groupe FRE

Sur les 22 sujets, 11 types de fauteuils roulants ont pu être testés, avec des diamètres et des épaisseurs de roues avant variables (entre 17 et 34 cm pour le diamètre et 4 et 9 cm pour l'épaisseur).



**Figure 4: Fauteuil de type Invacare Mistral**



**Figure 5: Fauteuil de type Tracer**

Ces deux images illustrent les différences de diamètre et d'épaisseur de roues avant des fauteuils roulants électriques testés.

#### 5.2.3.2. Profils de déplacements

Douze personnes de ce groupe ont des types de déplacements urbain-urbain, 9 sujets réalisent des déplacements de type périphérie-urbain et une personne de type rural-urbain.

Concernant la fréquentation des transports collectifs urbains, le tableau ci-dessous décrit les modes de déplacements les plus couramment utilisés par les différents sujets :

	Métro	Tramway	Bus	TPMR*	Voiture
<b>Tous les jours ou presque</b>	5	12	11	3	0
<b>Une à 2 fois par semaine</b>	4	5	7	2	0
<b>Deux à 3 fois par mois</b>	3	2	2	4	0
<b>Moins de 2 à 3 fois par mois</b>	5	2	0	9	1
<b>Jamais</b>	5	1	2	4	21
<b>Total</b>	22	22	22	22	22

\* Transports pour les personnes à mobilité réduite

**Tableau 15:** Fréquence d'utilisation de différents modes de transport pour les sujets du groupe FRE

Les sujets de ce groupe utilisent de façon variable et hétérogène les transports réservés aux PMR (TPMR).

L'analyse des données par sujet montre qu'aucune personne de ce groupe n'emprunte jamais un des 4 modes proposés. Un seul sujet les utilise à une fréquence faible (1 prend seulement le tramway moins de 2 à 3 fois par mois). Lorsque l'on différencie transports de surface (bus + tramway) et transports guidés (métro et tramway), cela ne change rien, tous les sujets testés prennent aussi bien les transports de surfaces que les transports guidés.

#### 5.2.4. Groupe FRMPo

Ce groupe est composé de 3 personnes, uniquement des femmes.

	<b>Moy.</b>	<b>Ec. type</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>
<b>Age</b>	60,7	11,0	60,0	72,0
<b>MIF/126</b>	87,7	24,8	60,0	108,0
<b>DEJ</b>	8307	1354	6788	9390

**Tableau 16:** Age, résultats de la mesure d'indépendance fonctionnelle (MIF) et de la dépense énergétique journalière (DEJ, en KJ/24H) des sujets du groupe FRMPo

##### 5.2.4.1. Aides techniques utilisées :

Les fauteuils rencontrés pour ce groupe de FRMPo au cours de cette expérimentation sont le modèle Kuschall ultra light, le FR Invacare Action 3, et un Ottobock.

	<b>Diamètre roues av (cm)</b>	<b>épaisseur roues av (cm)</b>	<b>Largeur d'assise (cm)</b>
<b>Moyenne</b>	15,7	3,3	40,7
<b>Ecart-type</b>	4,0	0,6	1,2
<b>Min</b>	12	3	40
<b>Max</b>	20	4	42

**Tableau 17:** Diamètre, épaisseur des roues avant et largeur de l'assise des fauteuils roulants des sujets du groupe FRMPo

Sur les 3 sujets, 3 types de fauteuils roulants ont pu être testés, avec des diamètres et des épaisseurs de roues avant variables (entre 12 et 20 cm pour le diamètre et 3 et 4 cm pour l'épaisseur). La variation de la configuration des roues avant est très réduite pour ce groupe, comme pour le groupe des FRMGlob, les FR utilisés étant relativement homogènes.

##### 5.2.4.2. Profil de déplacements

Sur les 3 personnes testées, deux personnes de ce groupe ont des types de déplacements urbain-urbain et un sujet réalise des déplacements de type périphérie-urbain.

Concernant la fréquentation des transports collectifs urbains, le tableau ci-dessous décrit les modes de déplacements les plus couramment utilisés par les différents sujets :

	Métro	Tramway	Bus	TPMR*	Voiture
<b>Tous les jours ou presque</b>	0	2	1	0	0
<b>Une à 2 fois par semaine</b>	2	0	0	0	0
<b>Deux à 3 fois par mois</b>	0	0	1	1	1
<b>Moins de 2 à 3 fois par mois</b>	0	0	0	0	0
<b>Jamais</b>	1	1	1	2	2
<b>Total</b>	3	3	3	3	3

\* Transports pour les personnes à mobilité réduite

**Tableau 18:** Fréquence d'utilisation de différents modes de transport pour les sujets du groupe FRMPo

Il est difficile de discuter des résultats de ce groupe, au vu du faible nombre de sujets testés. Les personnes utilisent peu les transports réservés aux PMR (TPMR). La seule personne qui les emprunte ne le fait qu'à une fréquence de 2 à 3 fois par mois.

En analysant les données par sujet, une personne de ce groupe n'utilise jamais un des 4 modes proposés, donc ni transports de surface (bus + tramway) ni transports guidés (métro et tramway) ni TPMR. Elle n'utilise pas de voiture personnelle, elle réalise donc très peu de déplacements, sa mobilité est limitée. La personne qui utilise une voiture 2 à 3 fois par mois emprunte le tramway tous les jours ou presque et les autres TC de façon fréquente (de 2 à 3 fois par mois et plus). Cette personne, contrairement à la précédente, est mobile et effectue des déplacements fréquents.

#### 5.2.5. Groupe AT

Ce groupe est composé de 6 personnes, dont 1 homme et 5 femmes.

	Moy.	Ec. type	Min	Max
<b>Age</b>	51,5	18,6	29,0	81,0
<b>MIF/126</b>	116,3	3,1	113,0	121,0
<b>DEJ</b>	9530	2280	6450	12954

**Tableau 19:** Age, résultats de la mesure d'indépendance fonctionnelle (MIF) et de la dépense énergétique journalière (DEJ, en KJ/24H) des sujets du groupe AT

##### 5.2.5.1. Aides techniques utilisées :

Les sujets testés dans ce groupe sont des utilisateurs de cannes et béquilles uniquement. La raison principale est qu'aucune personne se déplaçant en déambulateur n'a pu participer. Parmi les 6 participants de ce groupe, deux personnes utilisent 2 béquilles, deux personnes utilisent 2 cannes, un sujet a besoin d'une seule canne et un autre d'une seule béquille.

### 5.2.5.2. Profil de déplacements

Les six personnes testées de ce groupe ont des déplacements de type urbain-urbain.

Concernant la fréquentation des transports collectifs urbains, le tableau ci-dessous décrit les modes de déplacements les plus couramment utilisés par les différents sujets :

	Métro	Tramway	Bus	TPMR*	Voiture
<b>Tous les jours ou presque</b>	1	1	2	0	1
<b>Une à 2 fois par semaine</b>	2	1	2	0	0
<b>Deux à 3 fois par mois</b>	0	1	0	0	1
<b>Moins de 2 à 3 fois par mois</b>	0	1	0	1	0
<b>Jamais</b>	3	2	2	5	4
<b>Total</b>	6	6	6	6	6

\* Transports pour les personnes à mobilité réduite

**Tableau 20:** Fréquence d'utilisation de différents modes de transport pour les sujets du groupe AT

Très peu de sujets de ce groupe (seulement 1 et à une fréquence de moins de 2 à 3 fois par mois) utilisent les transports réservés aux PMR (TPMR).

En analysant les données par sujet, deux personnes de ce groupe n'emprunte jamais un des 4 modes proposés, donc ni transports de surface (bus + tramway), ni transports guidés (métro et tramway), ni TPMR. Un des deux utilise une voiture personnelle tous les jours et l'autre deux à 3 fois par mois.

## 5.3. Résultats des tests de franchissement de lacunes

### 5.3.1. Les temps de franchissement des lacunes

Le critère de performance permettant d'évaluer les franchissements des différentes lacunes est le temps que les sujets prennent pour monter et descendre chaque lacune. Ainsi, plus le temps pour franchir la lacune est court, plus la performance est considérée comme satisfaisante et inversement. Des échecs de franchissement ont été mis en évidence. Un échec est identifié comme tel selon 2 critères : le non franchissement d'une lacune (en montée et/ou en descente) par le participant (arrêt volontaire) ou le dépassement du temps de 60 secondes lors de chaque essai.

#### 5.3.1.1. Dimensions de lacunes et apparition d'échecs

Des échecs sont apparus dans 2 groupes : le groupe des personnes utilisant un FRM avec des limitations fonctionnelles globales (FRMGlob) et le groupe des personnes en fauteuils roulants électriques (FRE). Pour les autres groupes, aucun échec n'a été observé.

	20x20		20x35		20x50		20x75		30x20		30x35		30x50		30x75	
	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘
FRMGlob n=7	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
FRE n=22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

	40x20		40x35		40x50		40x75		50x20		50x35		50x50		50x75	
	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘	↗	↘
FRMGlob n=7	0	0	2	1	2	0	3	1	3	1	4	1	3	1	4	1
FRE n=22	0	0	0	1	1	1	2	1	4	1	6	3	4	1	5	3

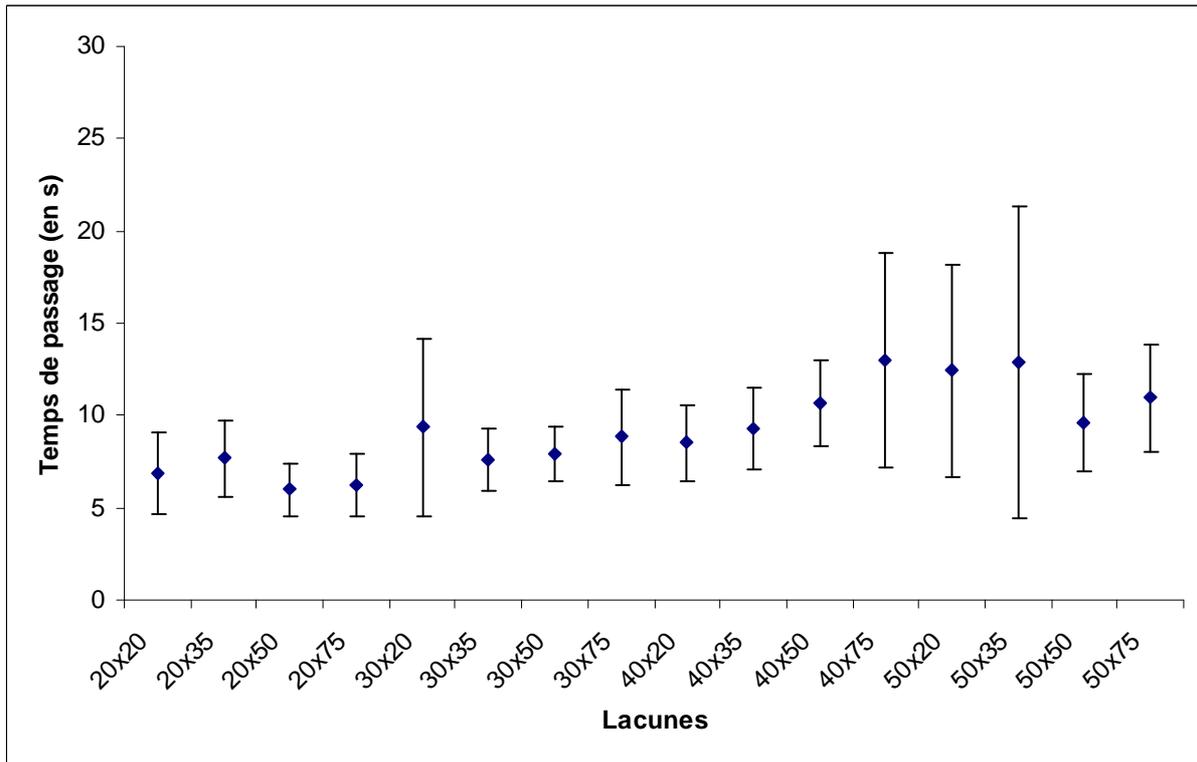
**Tableau 21:** Nombre de personnes ayant échoué au franchissement (en montée et en descente) par lacune et par groupe

Le Tableau 21 reprend toutes les lacunes testées, pour les 2 groupes dans lesquels des sujets ont été en échec sur des lacunes, avec l'indication (cases foncées) des situations qui ont été problématiques pour certains sujets. Plus les dimensions des lacunes augmentent et plus le nombre d'échecs augmente. Les premiers échecs apparaissent à la lacune 20x75 en montée et 30x75 en descente. A partir de la lacune 40x35, des échecs apparaissent dans les 2 groupes, en montée comme en descente, jusqu'à la lacune maximale de 50x75.

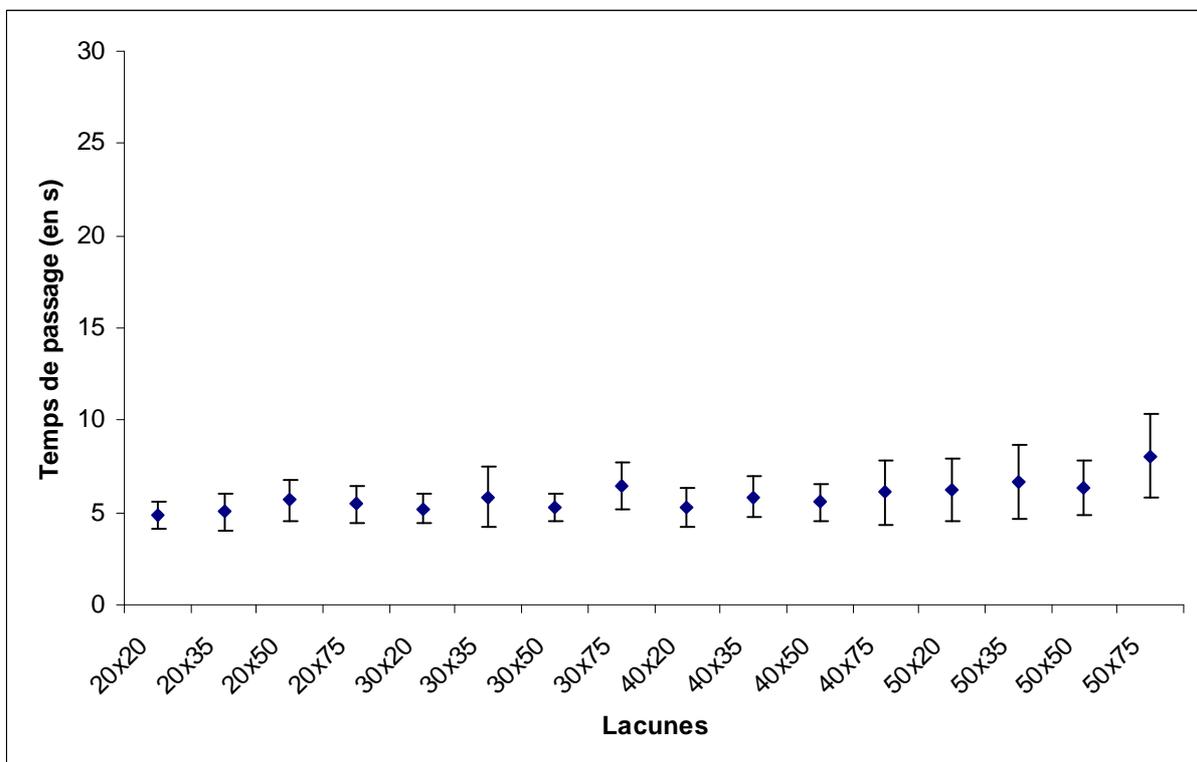
Un focus est ensuite réalisé (paragraphes suivants) sur les temps de franchissement des lacunes, tout d'abord pour les groupes FRMGlob et FRE (en calculant les temps uniquement sur les cas de réussite du franchissement - échecs exclus), puis sur les autres groupes. NB : les temps théoriques (en secondes) se situent dans l'intervalle  $]0;60[$ , puisque l'atteinte de la minute impliquait un classement en échec.

### 5.3.1.2. Temps de franchissement des lacunes pour le groupe FRMGlob (échecs exclus)

La Figure 6 et la Figure 7 mettent en relation le temps de franchissement des différentes lacunes testées par les sujets du groupe FRMGlob, en entrée (montée) et en sortie (descente).



**Figure 6:** Temps de la **montée** (en secondes) selon la lacune franchie par les sujets du groupe FRMGlob



**Figure 7:** Temps de la **descente** (en secondes) selon la lacune franchie par les sujets du groupe FRMGlob

Ces graphiques montrent que les personnes qui ont réussi à franchir les lacunes proposées ne l'ont pas fait avec autant de facilité en entrée, selon les dimensions testées. Les résultats sont relativement

homogènes entre les sujets de ce groupe puisque les intervalles de confiance sont faibles. Les lacunes les plus petites sont franchies rapidement (moins de 10 secondes en moyenne en montée comme en descente) et les lacunes qui engendrent des difficultés voient leur temps de franchissement augmenter. Les sorties ont été réalisées en moins de 10 secondes pour la plupart des sujets ; ces résultats sont également homogènes puisque les intervalles de confiance sont faibles.

Ces résultats sur les temps doivent être lus comme des compléments des résultats déjà évoqués (Tableau 21) sur les échecs, à savoir plus précisément pour le groupe FRMGlob : en montée, les lacunes de 20x75 et 30x75 ne sont pas franchies par 1 sujet, les lacunes de 40x35 et 40x50 par 2 sujets et les lacunes suivantes par 3 ou 4 sujets. Les lacunes de 50 mm en vertical ne sont pas passées par tous les sujets ; en descente, 1 sujet n'a pas pu descendre les lacunes horizontales de 75 mm, que ce soit pour une lacune verticale de 20, 30, 40 ou 50 et 1 sujet a échoué lors des descentes de toutes les lacunes horizontales combinées à la lacune verticale de 50 mm. Un résultat atypique apparaît pour 1 sujet qui a échoué à la lacune 40x35.

#### 5.3.1.3. Temps de franchissement des lacunes pour le groupe FRE (échecs exclus)

Les sujets du group FRE n'ont pas tous passé toutes les conditions. En effet, les résultats des premiers sujets de ce groupe étant très homogènes (tous les sujets réussissaient la lacune 20 x 20 et toutes les lacunes horizontales couplées à la lacune verticale 20 mm) et la fatigabilité des personnes de ce groupe étant assez importante, la lacune verticale 20 mm a été supprimée des tests expérimentaux à partir du onzième sujet. Les personnes en FRE de ce groupe n'avaient alors plus que 12 configurations de lacunes à tester, à la place des 16 de départ.

La Figure 8 et la Figure 9 mettent en relation le temps de franchissement des différentes lacunes testées par les sujets du groupe FRE, en entrée (montée) et en sortie (descente).

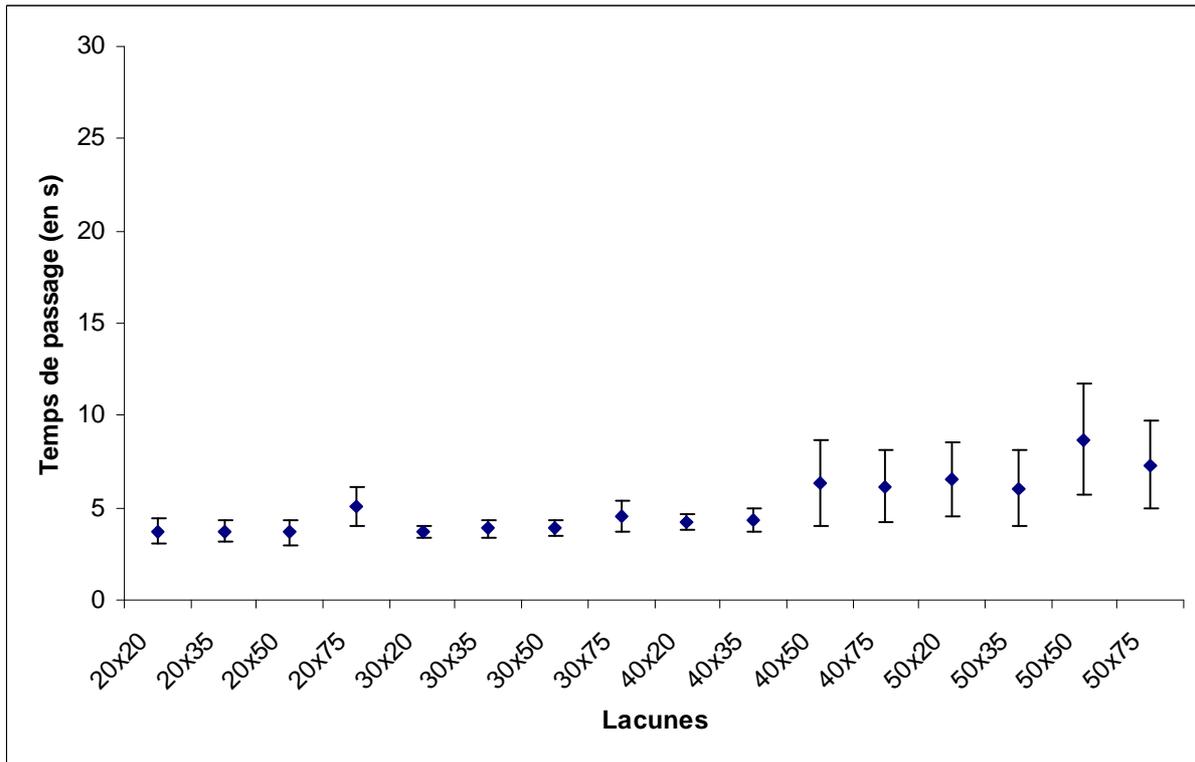


Figure 8: Temps de la **montée** (en secondes) selon la lacune franchie par les sujets du groupe FRE

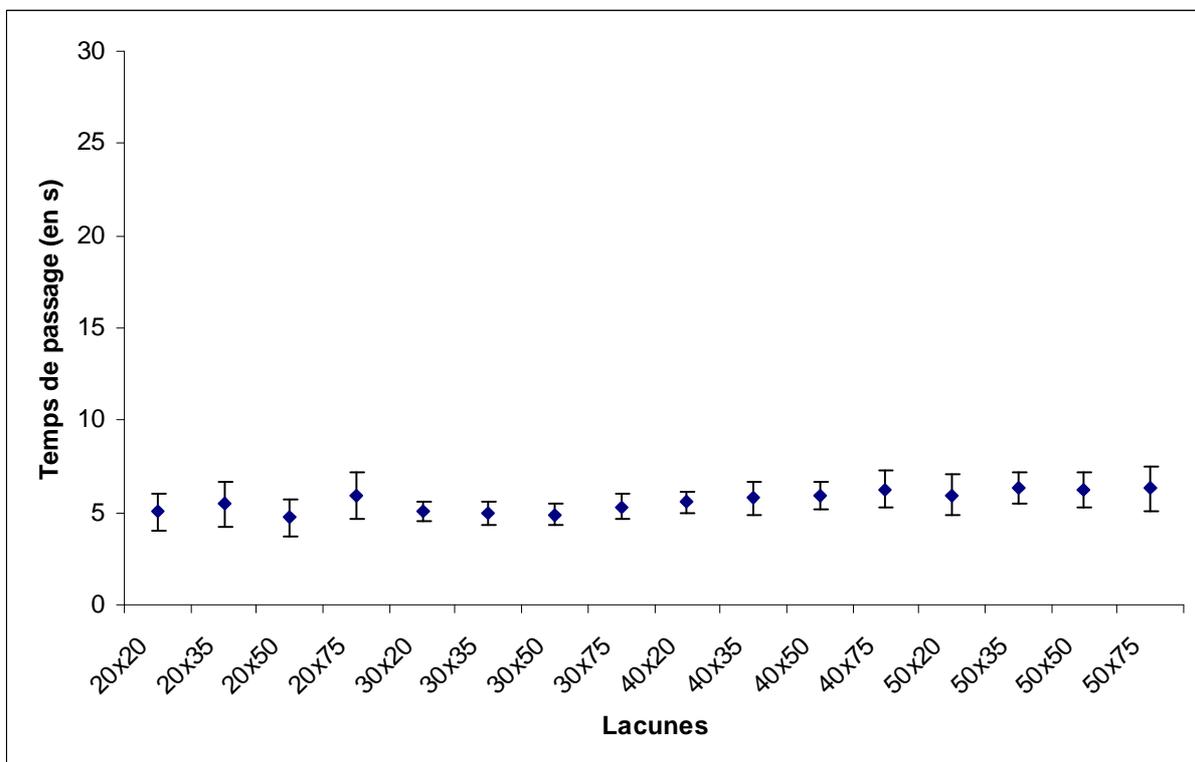


Figure 9: Temps de la **descente** (en secondes) selon la lacune franchie par les sujets du groupe FRE

Ces graphiques montrent que les personnes qui ont réussi à franchir les lacunes proposées l'ont fait de façon relativement homogène puisque les intervalles de confiance sont faibles. Une légère

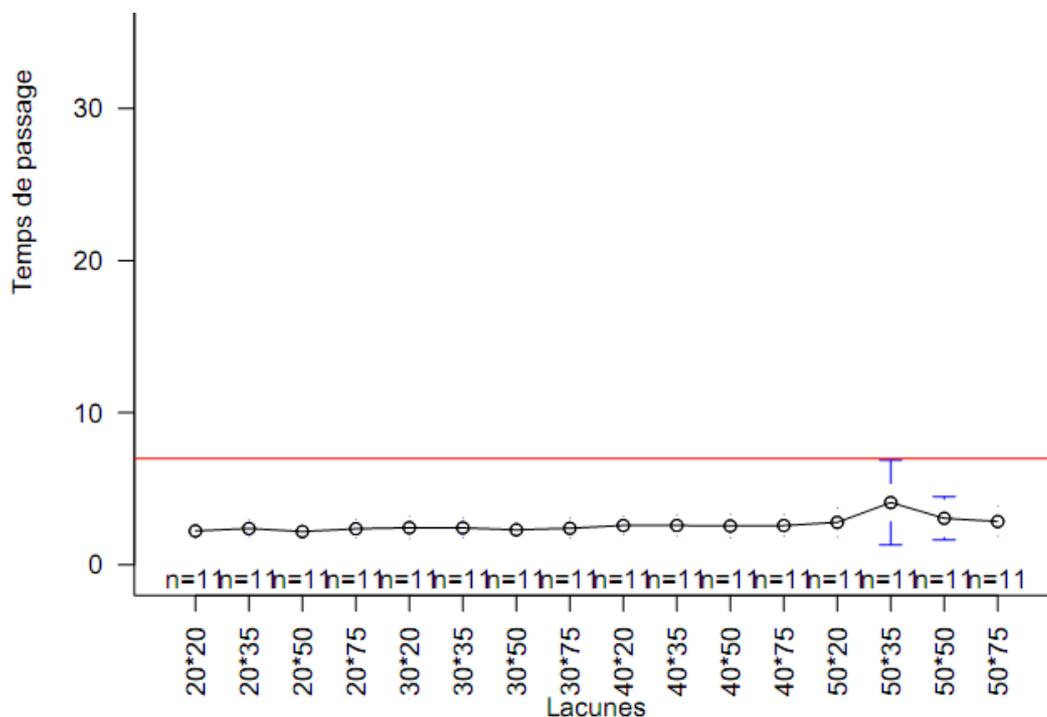
augmentation du temps peut être observée en relation avec l'augmentation des dimensions de lacunes. En effet, les lacunes les plus petites sont franchies plus rapidement et les lacunes qui engendrent plus de difficultés voient leur temps de franchissement augmenter. Les sorties ont été réalisées en moins de 10 secondes pour la plupart des sujets ; ces résultats sont également homogènes puisque les intervalles de confiance sont faibles, et l'effet augmentation de dimensions de lacunes ne semble pas être marqué.

Ces résultats sur les temps doivent également être lus comme des compléments des résultats déjà évoqués concernant le bilan individuel des échecs pour le groupe FRE. Il montre que : en montée, 1 personne a échoué à 30x75 et à 40x50, 2 à 40x75, 4 à 50x20, 6 à 50x35, 4 à 50x50 et 5 à 50x75 ; concernant les descentes, 1 personne a échoué à toutes les lacunes à partir de la lacune 40x35. Les lacunes 50x35 et 50x75 ont engendré 3 échecs et pour la lacune 50x50, 1 personne a échoué.

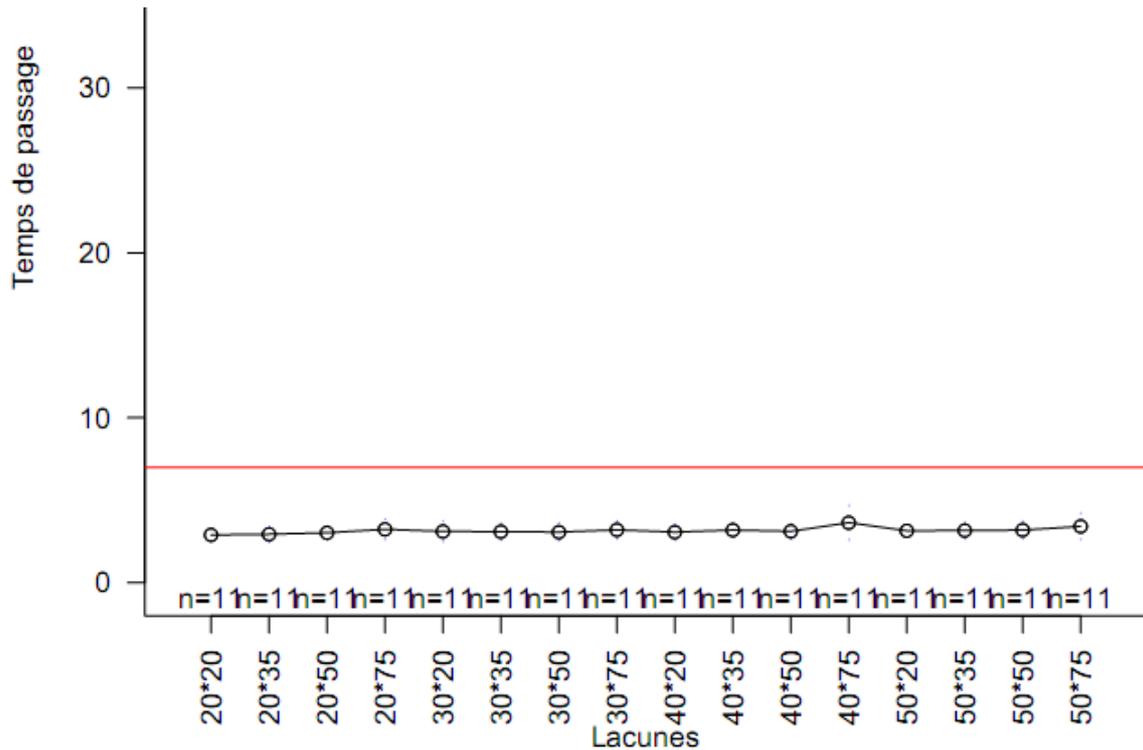
**Les sujets des trois autres groupes n'ont subi aucun échec lors des franchissements de lacunes, que ce soit en montée ou en descente. Les résultats temporels de chaque groupe sont détaillés dans les parties suivantes.**

#### 5.3.1.4. Temps de franchissement des lacunes pour le groupe FRMI

La Figure 10 et la Figure 11 mettent en relation le temps de franchissement des différentes lacunes testées par les sujets du groupe FRMI, en entrée (montée) et en sortie (descente).



**Figure 10:** Temps de la **montée** (en secondes) selon la lacune franchie par les sujets du groupe FRMI



**Figure 11:** Temps de la **descente** (en secondes) selon la lacune franchie par les sujets du groupe FRMI

Ces graphiques montrent que les personnes de ce groupe ont toutes franchi les différentes lacunes en un temps inférieur à 7 secondes (sous l'axe rouge), aussi bien en entrée qu'en sortie. Les intervalles de confiance très faibles montrent que les résultats sont homogènes entre les sujets de ce groupe.

#### 5.3.1.5. Temps de franchissement des lacunes pour le groupe FRMPo

La Figure 12 et la Figure 13 mettent en relation le temps de franchissement des différentes lacunes testées par les sujets du groupe FRMPo, en entrée (montée) et en sortie (descente).

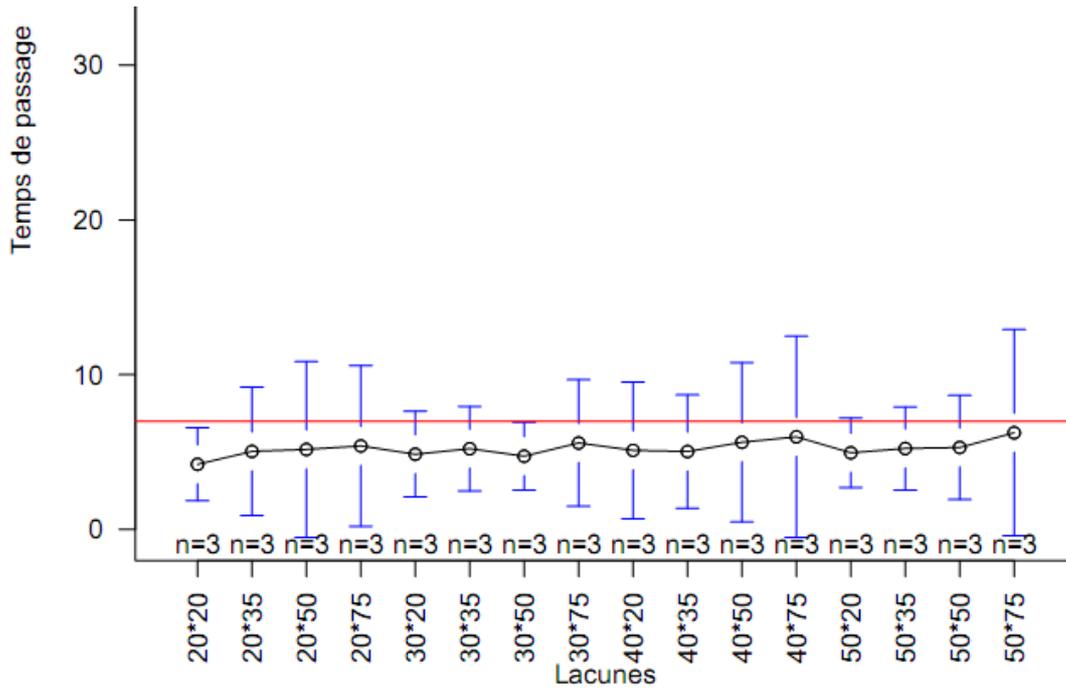


Figure 12: Temps de la **montée** (en secondes) selon la lacune franchie par les sujets du groupe FRMPo

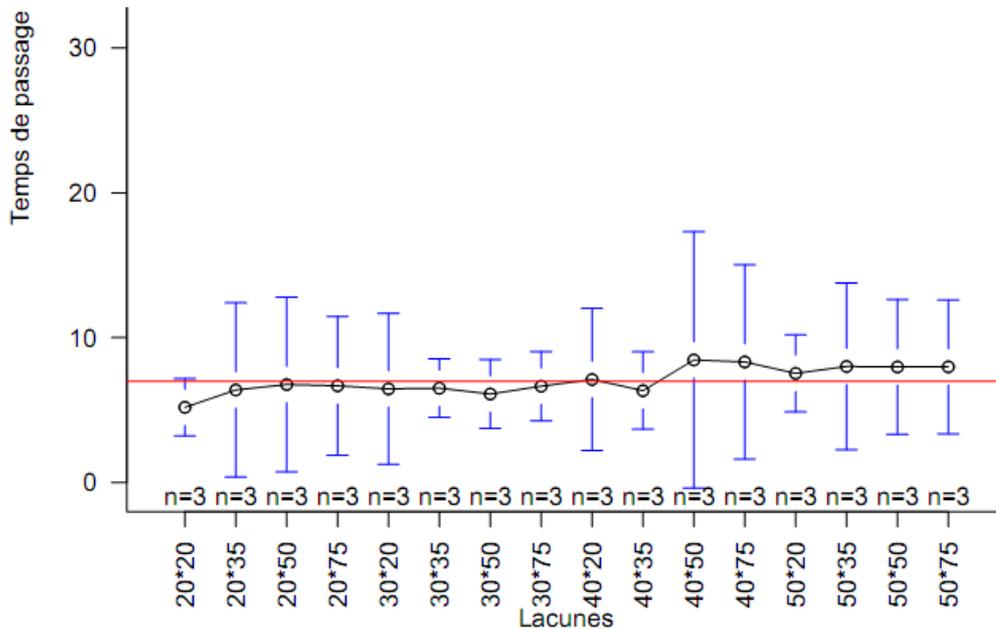
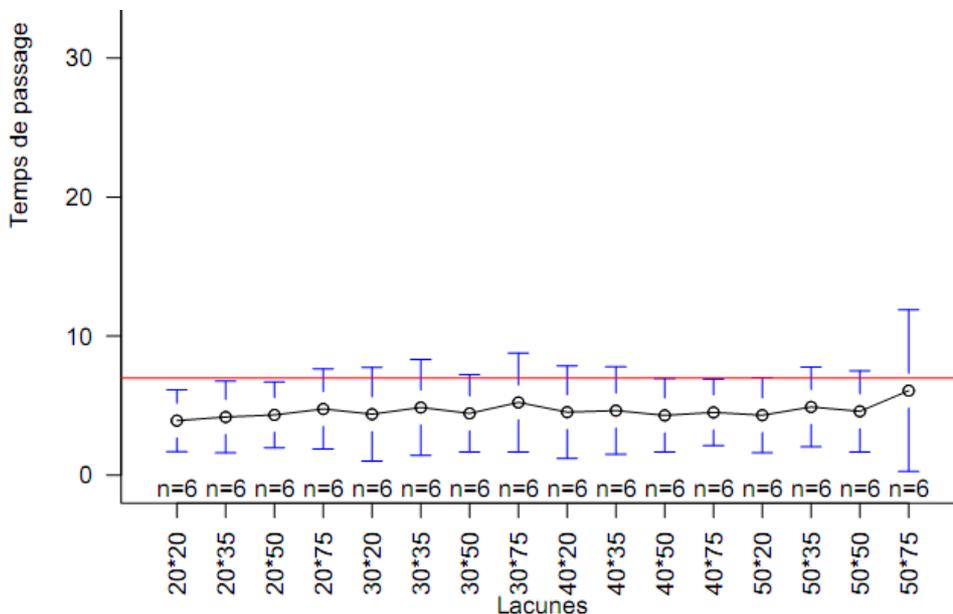


Figure 13: Temps de la **descente** (en secondes) selon la lacune franchie par les sujets du groupe FRMPo

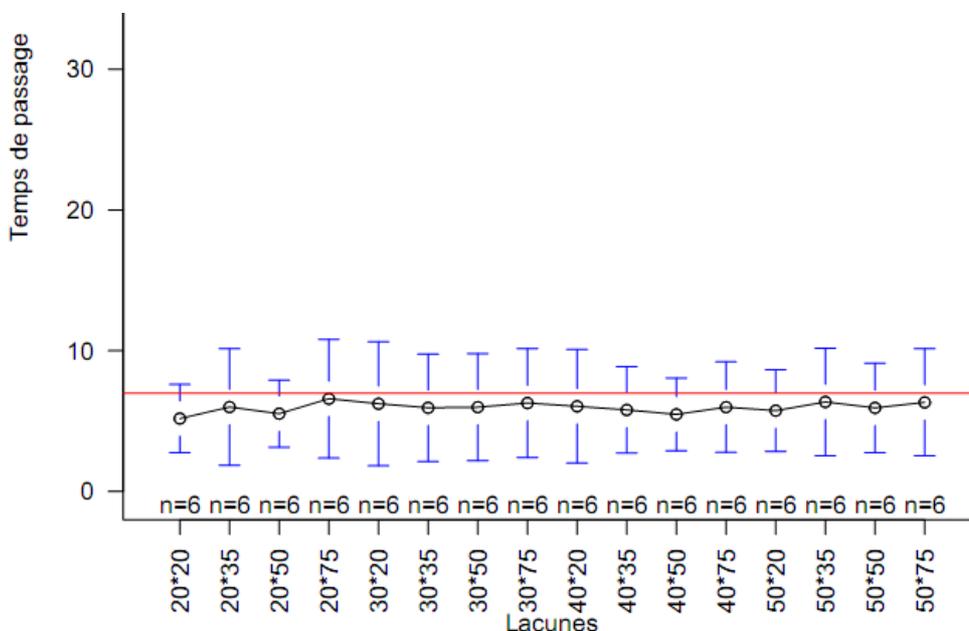
Ces graphiques montrent que les personnes de ce groupe ont toutes franchi les différentes lacunes en un temps inférieur à 15 secondes, aussi bien en entrée qu'en sortie. Les résultats sont plus homogènes entre les sujets de ce groupe que pour les 2 précédents, puisque les intervalles de confiance sont moins élevés, mais il existe plus de disparité que pour le groupe de sujets FRMI. L'effet sur l'intervalle de confiance provient également du faible nombre de sujets.

## 5.3.1.6. Temps de franchissement des lacunes pour le groupe AT

La Figure 14 et la Figure 15 mettent en relation le temps de franchissement des différentes lacunes testées par les sujets du groupe AT, en entrée (montée) et en sortie (descente).



**Figure 14:** Temps de la **montée** (en secondes) selon la lacune franchie par les sujets du groupe AT



**Figure 15:** Temps de la **descente** (en secondes) selon la lacune franchie par les sujets du groupe AT

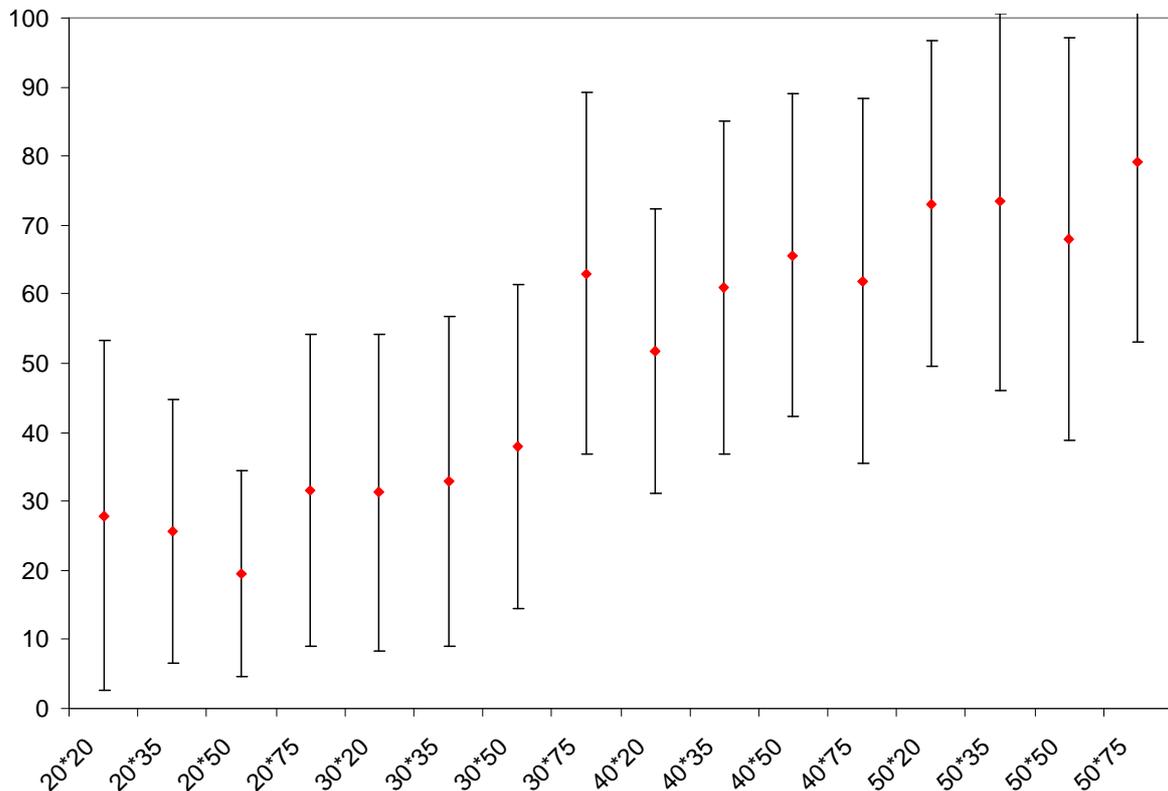
Ces graphiques montrent que les personnes de ce groupe ont toutes franchi les différentes lacunes en un temps inférieur à 15 secondes, aussi bien en entrée qu'en sortie. Seule la lacune 50x75 a engendré des difficultés pour 1 sujet qui a mis plus de temps que les autres (16 secondes) en entrée,

faisant augmenter l'intervalle de confiance. Les résultats sont assez homogènes entre les sujets de ce groupe, puisque les intervalles de confiance sont réduits, mais il existe plus de disparité que pour le groupe de sujets FRMI.

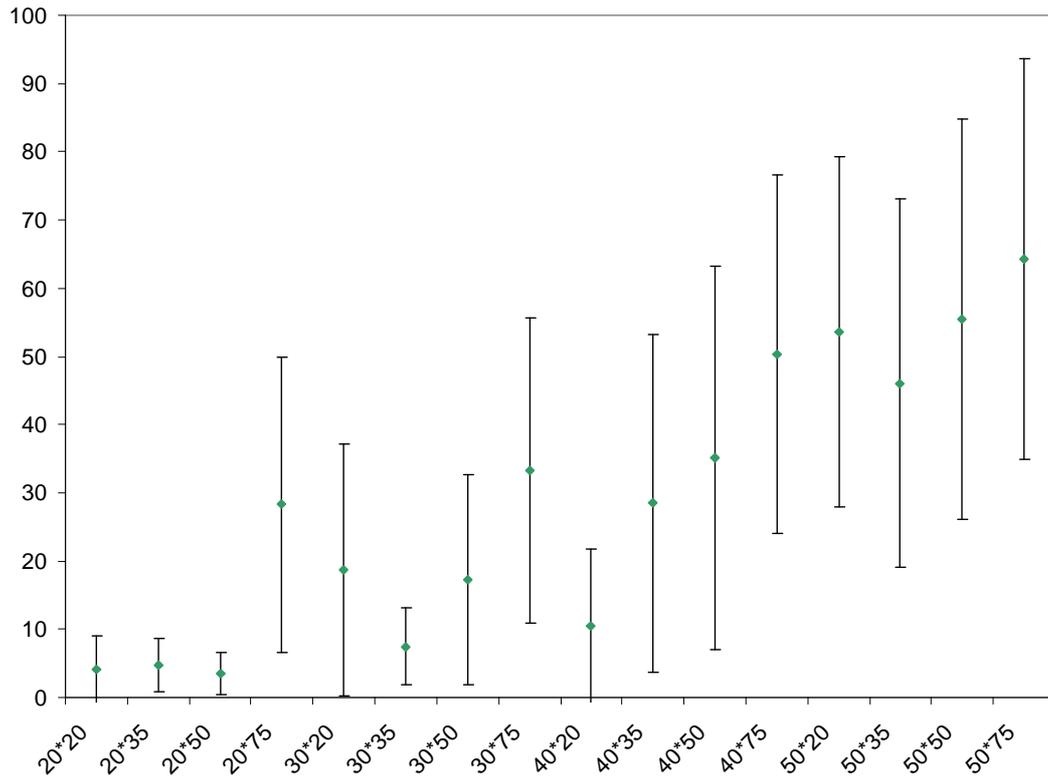
### 5.3.2. Difficultés ressenties et acceptabilité des lacunes

Les graphiques de cette partie représentent les valeurs de cotation de l'acceptabilité évaluée pour chaque lacune ainsi que de la difficulté ressentie au moment du franchissement de chacune d'entre elles, en entrée et en sortie, sur une échelle visuelle analogique, transformée de 0 à 10 en 0 à 100 pour gagner en précision lorsque les valeurs sont moyennées par groupe. Les valeurs moyennes pour chaque lacune sont complétées par les intervalles de confiance à 95% (avec un seuil de risque à 5%).

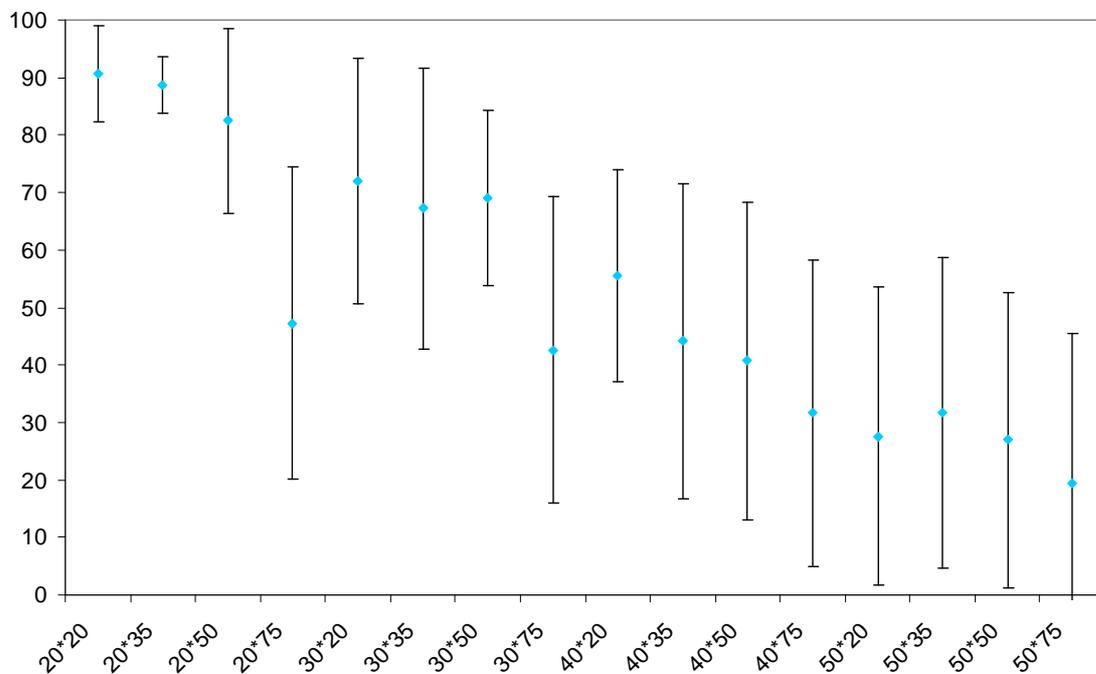
#### 5.3.2.1. Pour le groupe FRMGlob



**Figure 16:** Moyennes et intervalles de confiance de la difficulté des lacunes lors de la **montée** pour le groupe FRMGlob (n=7)



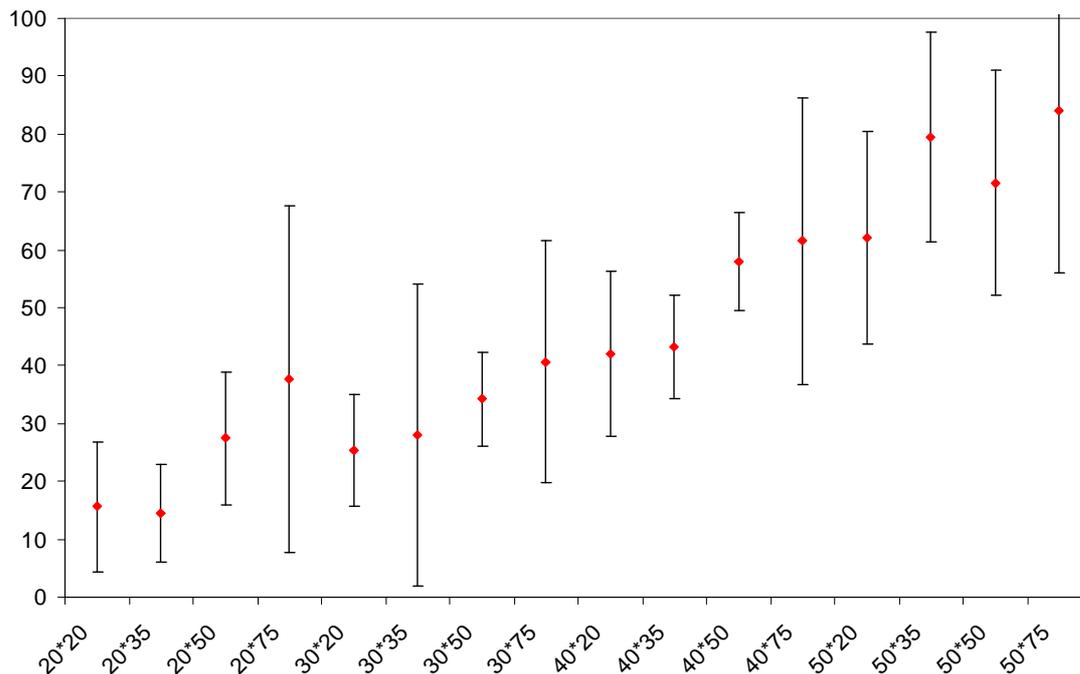
**Figure 17 :** Moyennes et intervalles de confiance de la difficulté des lacunes lors de la **descente** pour le groupe FRMGlob (n=7)



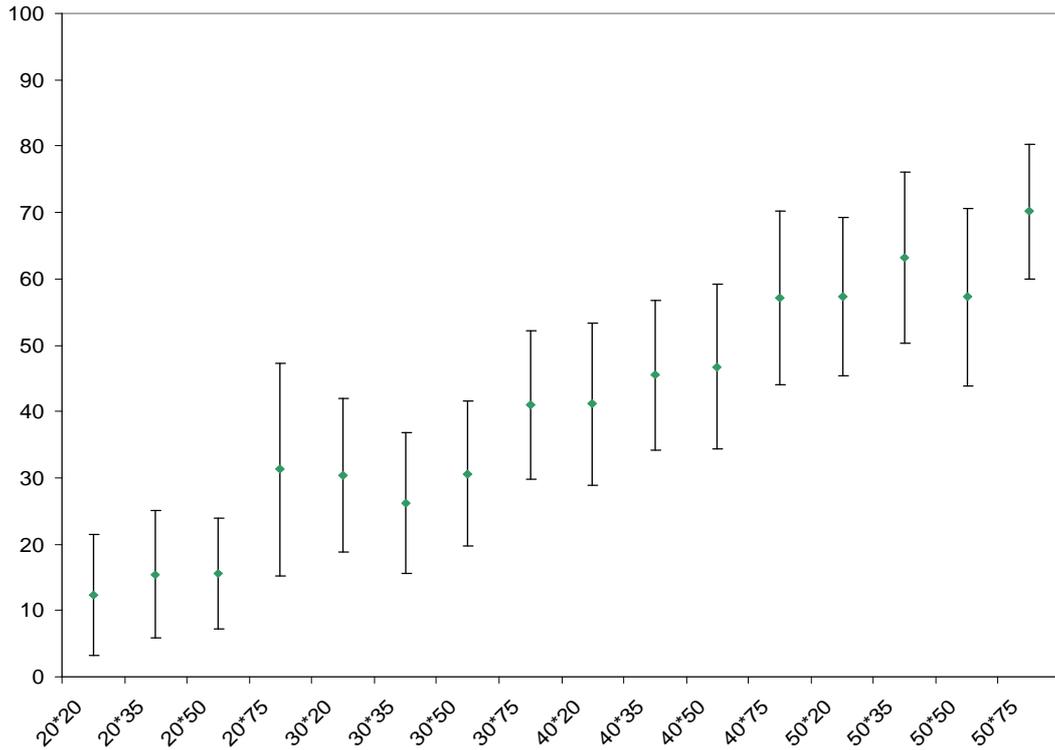
**Figure 18:** Moyennes et intervalles de confiance **de l'acceptabilité** des lacunes pour le groupe FRMGlob (n=7)

Pour le groupe FRMGlob, la difficulté ressentie est plus importante lors des entrées, comparées aux sorties. Les valeurs moyennes les plus importantes se situent entre 60 et 80 pour la montée, pour les lacunes à partir de 40x35, alors que pour la descente, les valeurs moyennes se situent au maximum entre 50 et 65. On remarque que les points dessinent une courbe d'augmentation de la difficulté qui est relativement linéaire avec l'augmentation des lacunes et en toute logique à l'inverse de la cotation de l'acceptabilité des lacunes où une diminution peut être observée (disposition des points relativement linéaire également). En revanche, pour ce groupe, on observe un effet de la lacune horizontale prononcé : les valeurs moyennes des lacunes à 75 mm en horizontal cassent la linéarité. Ce phénomène est plus marqué pour la cotation de la difficulté ressentie lors de la descente et pour l'acceptabilité des lacunes (lacune 20x75, 30x75, 40x75). Les sujets de ce groupe sont donc gênés par l'augmentation des dimensions verticales des lacunes, avec un effet horizontal prononcé. Ces effets sont limités par des intervalles de confiance élevés, notamment pour les lacunes 20x75 et 30x75, démontrant une grande variation de cotation par les sujets (les écarts-type étant élevés par rapport au nombre de sujets).

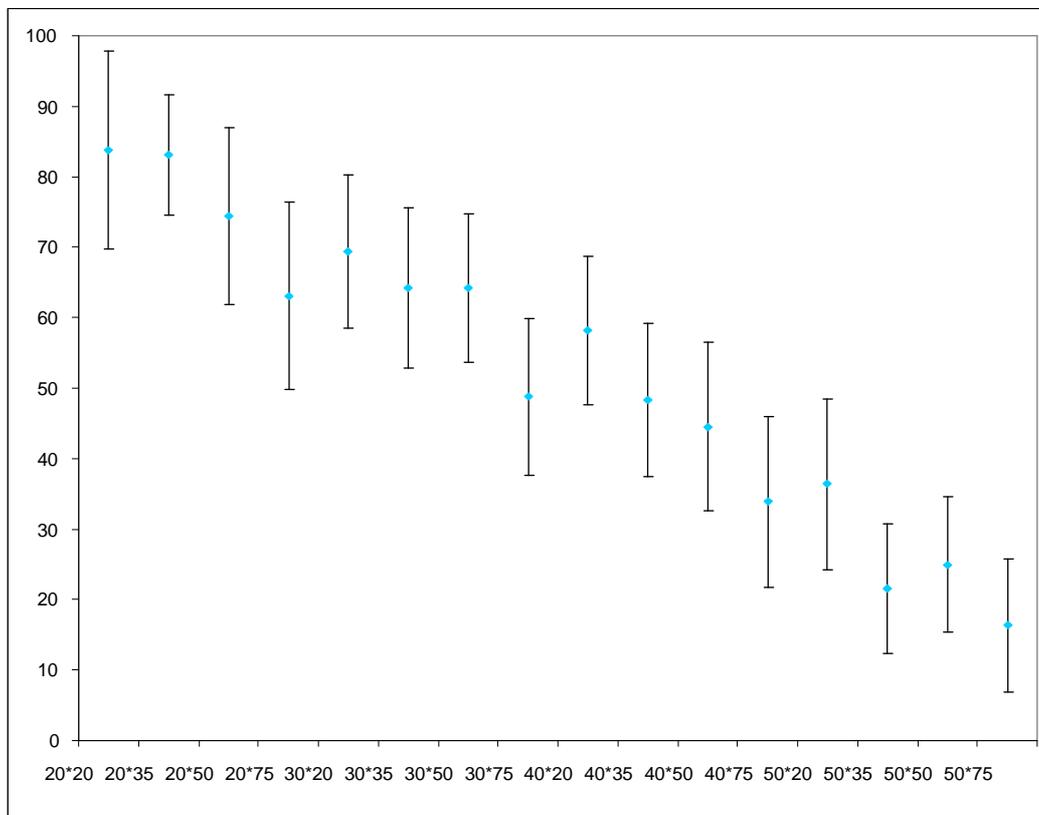
### 5.3.2.2. Pour le groupe FRE



**Figure 19:** Moyennes et intervalles de confiance de la difficulté des lacunes lors de la **montée** pour le groupe FRE (n=22)



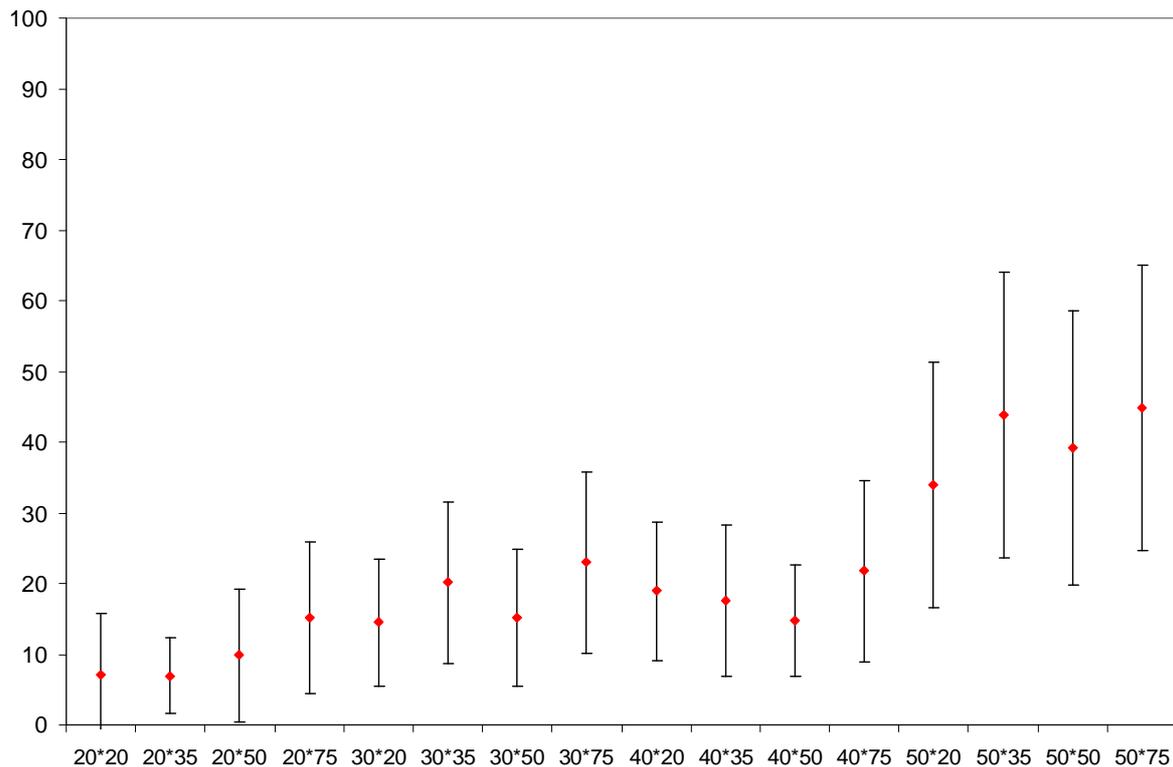
**Figure 20:** Moyennes et intervalles de confiance de difficultés des lacunes lors de **la descente** pour le groupe FRE (n=22)



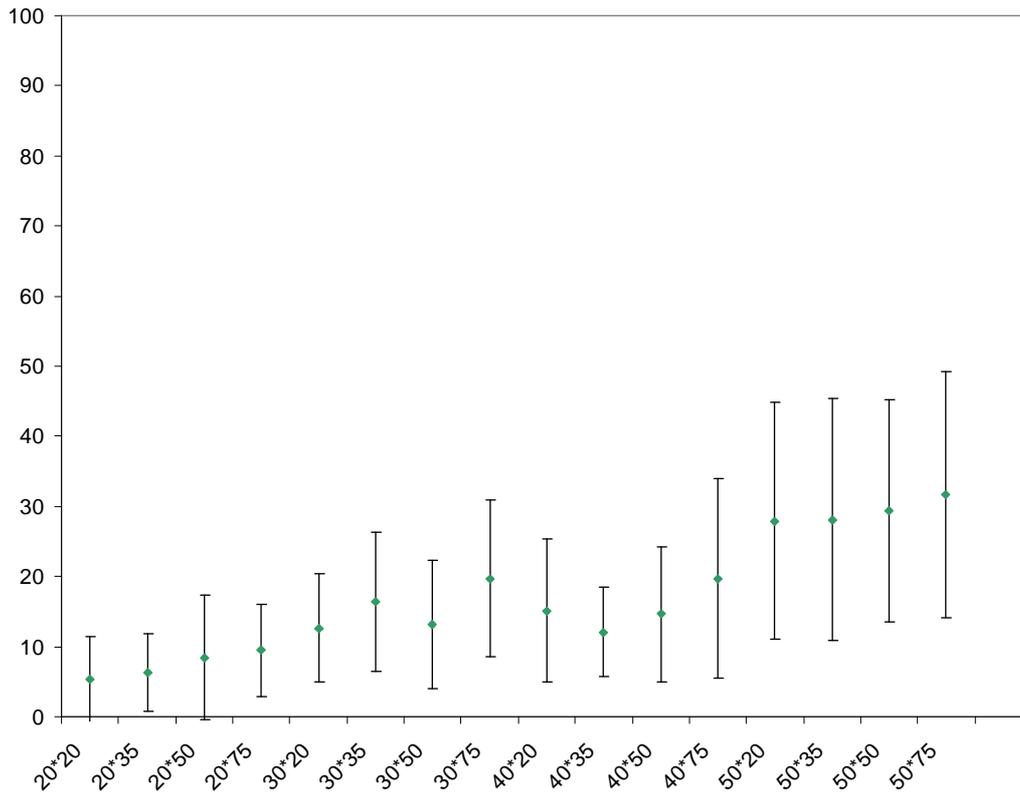
**Figure 21:** Moyennes et intervalles de confiance de l'**acceptabilité** des lacunes pour le groupe FRE (n=22)

Pour le groupe FRE, les moyennes de difficulté ressentie sont presque aussi importantes lors des entrées que des sorties. Les valeurs moyennes les plus importantes se situent entre 70 et 85. Mais elles dépassent 50 dès la lacune 40x50 en entrée, alors qu'elles ne dépassent cette valeur qu'à partir de la lacune 40x75 en sortie. On remarque que les points dessinent également une courbe d'augmentation de la difficulté qui est relativement linéaire et en toute logique à l'inverse de la cotation de l'acceptabilité des lacunes, où une courbe de diminution peut être observée (disposition des points relativement linéaire également). Un point atypique apparaît à 20x75 pour les 3 valeurs (difficulté ressentie en entrée, en sortie et acceptabilité de la lacune). L'intervalle de confiance est d'ailleurs élevé, montrant la différence intra-groupe pour cette lacune. Les intervalles de confiance pour les autres valeurs de cotation des lacunes (difficulté et acceptabilité) sont relativement équivalents et faibles, ce résultat provenant du fait de l'obtention d'écart-types peu élevés pour un groupe avec un nombre de sujets relativement important comparé aux autres groupes (n=22). Les sujets de ce groupe sont gênés par l'augmentation des dimensions verticales des lacunes, avec un effet couple avec l'horizontale (plus la lacune horizontale est élevée pour une même lacune verticale et plus la difficulté est élevée et l'acceptabilité basse).

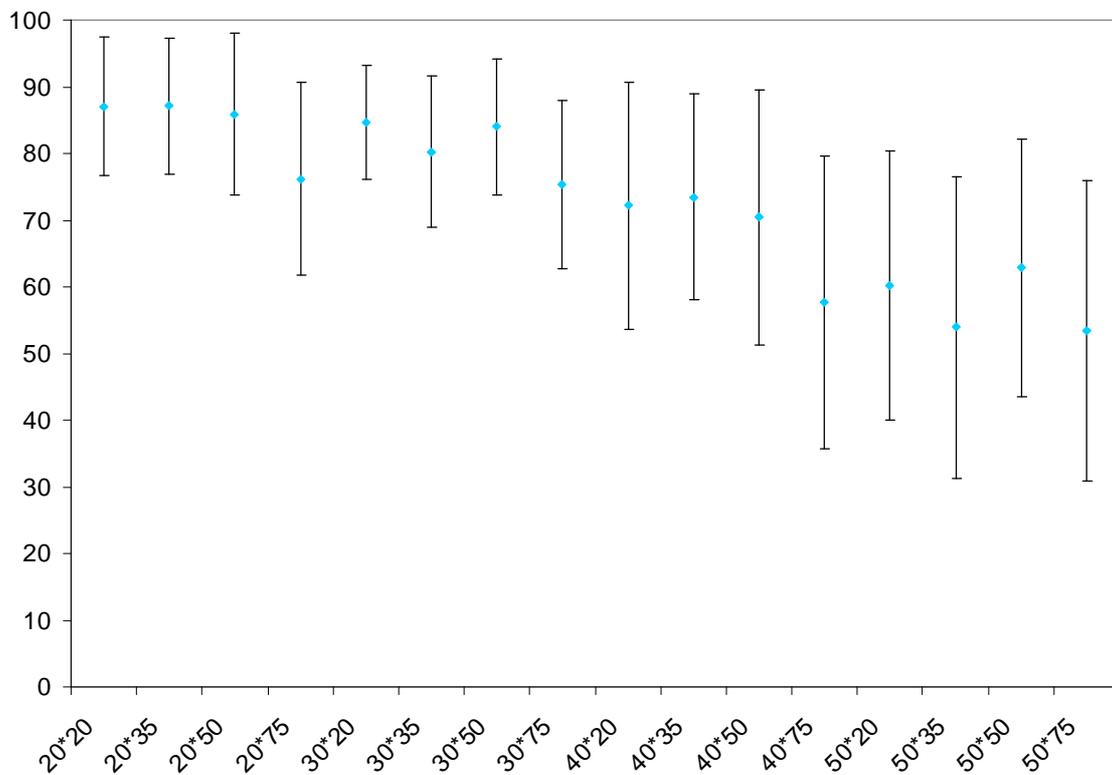
### 5.3.2.3. Pour le groupe FRMI



**Figure 22:** Moyennes et intervalles de confiance de la difficulté des lacunes lors de la montée pour le groupe FRMI (n=11)



**Figure 23:** Moyennes et intervalles de confiance de la difficulté des lacunes lors de la descente pour le groupe FRMI (n=11)



**Figure 24:** Moyennes et intervalles de confiance de l'acceptabilité des lacunes pour le groupe FRMI (n=11)

Pour le groupe FRMI, les moyennes de la difficulté ressentie sont plus importantes lors des montées comparées aux descentes. Les valeurs moyennes les plus importantes se situent aux alentours de 40 pour la montée, pour les lacunes à partir de 50x35. On remarque que les points dessinent une courbe d'augmentation de la difficulté qui est relativement linéaire et en toute logique à l'inverse de la cotation de l'acceptabilité des lacunes où une courbe de diminution peut être observée (disposition des points relativement linéaire également). Les sujets de ce groupe sont gênés par l'augmentation des dimensions verticales des lacunes, avec un effet couple avec l'horizontale (plus la lacune horizontale est élevée pour une même lacune verticale et plus la difficulté est élevée et l'acceptabilité basse). Les intervalles de confiance augmentent avec l'augmentation des lacunes, montrant que les réponses se dispersent plus sur les échelles de cotation, les écart-types étant plus important. Ainsi, des différences intra-groupes se dégagent.

#### 5.3.2.4. Pour le groupe FRMPo

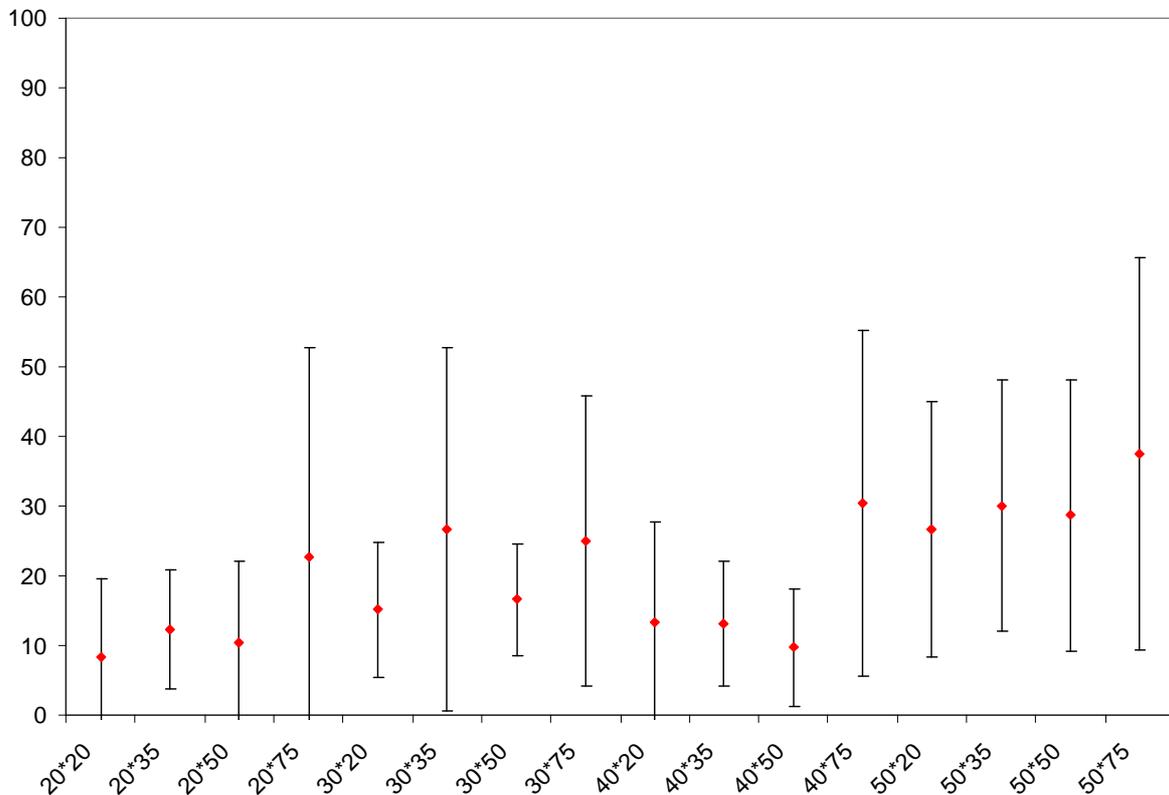
Les calculs d'intervalles de confiance pour ce groupe ne sont pas indiqués, du fait du nombre de sujets très faible (n=3) et des écarts-types importants. De fait, moyennes et écart-types n'ont pas vraiment de sens. Cette étude de groupe relève plus de l'étude de cas. Les résultats sont donc présentés par sujet.

Lacune	Sujet 27			Sujet 33			Sujet 39		
	Diff ↗	Diff ↘	Accept	Diff ↗	Diff ↘	Accept	Diff ↗	Diff ↘	Accept
20x20	16	16	56	4	10	72	5	6	72
20x35	35	36	55	27	27	50	19	21	93
20x50	23	22	51	14	20	52	18	22	68
20x75	42	65	13	18	24	44	71	71	33
30x20	31	24	64	62	65	38	13	16	92
30x35	29	28	67	63	65	51	17	20	51
30x50	24	24	71	58	66	30	24	19	98
30x75	19	25	63	68	69	26	62	90	10
40x20	27	37	66	34	31	33	33	24	52
40x35	33	49	49	28	25	36	54	52	8
40x50	34	48	50	27	25	48	48	47	22
40x75	43	38	34	71	63	24	58	43	3
50x20	30	30	64	67	69	17	47	53	2
50x35	26	33	62	52	58	46	84	92	8
50x50	29	37	67	66	63	29	52	50	0
50x75	33	32	43	70	73	2	91	92	0

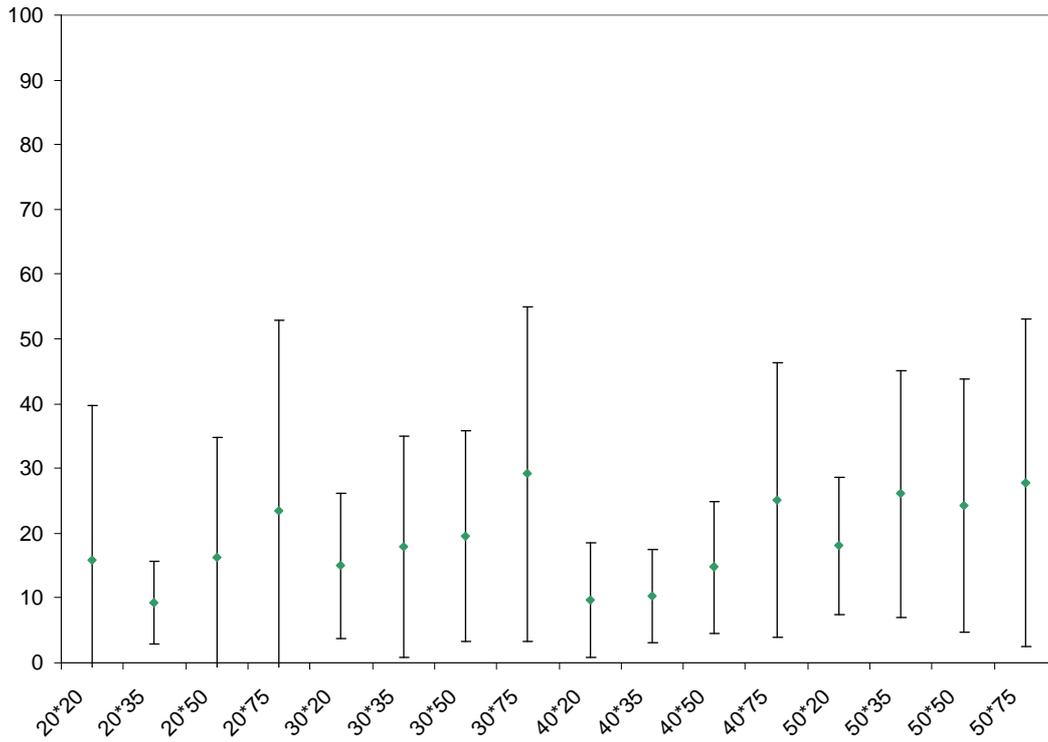
**Tableau 22:** Cotation de la difficulté lors de la montée, de la descente et de l'acceptabilité de chaque sujet du groupe FRMPo

Pour ce groupe, les valeurs de difficulté ressentie sont équivalentes lors des entrées comparées à celles des sorties. Les valeurs les plus importantes sont celles de la lacune 50x75. On remarque que les valeurs de difficulté augmentent avec la taille des lacunes et en toute logique à l'inverse de la cotation de l'acceptabilité des lacunes où les valeurs diminuent avec l'augmentation des dimensions des couples de lacune. On observe également un effet horizontal prononcé car les valeurs des lacunes horizontales à 75 mm sont atypiques. Ce phénomène est marqué pour la cotation de la difficulté ressentie lors de la montée, de la descente et pour l'acceptabilité des lacunes (lacune 20x75, 30x75, 40x75 et 50x75). Les sujets de ce groupe sont donc gênés par l'augmentation des dimensions verticales des lacunes, avec un effet horizontal prononcé.

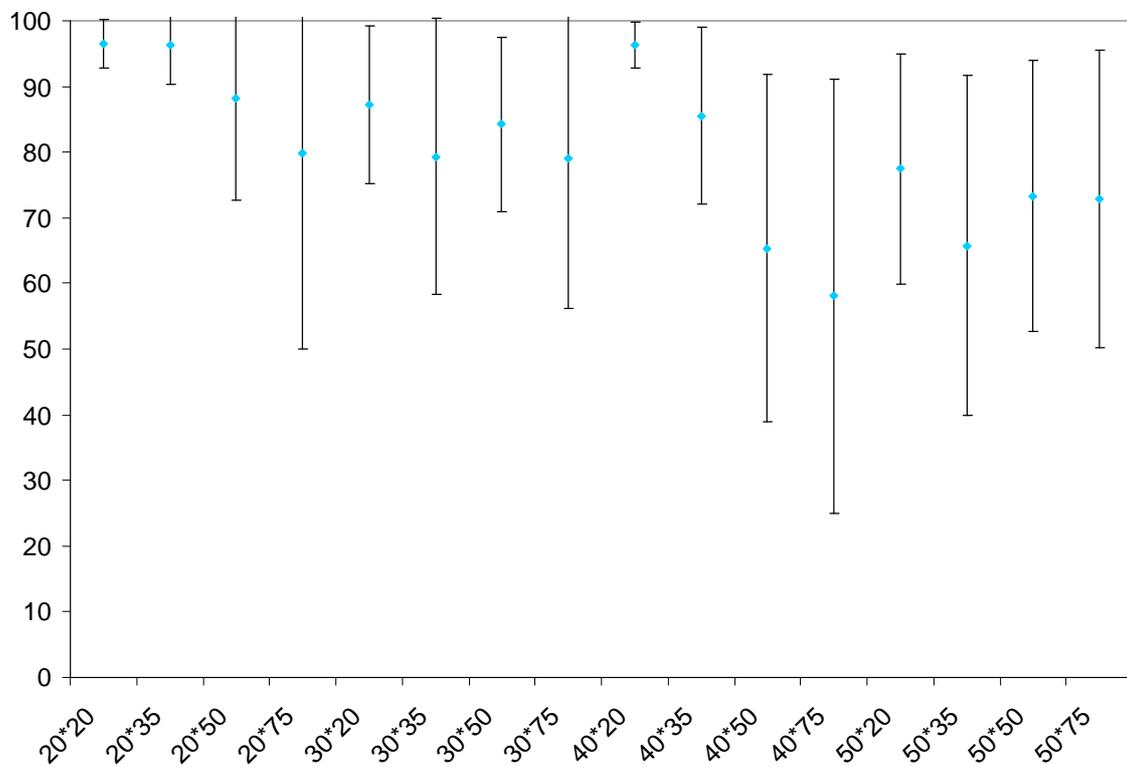
### 5.3.2.5. Pour le groupe AT



**Figure 25:** Moyennes et intervalles de confiance de la difficulté des lacunes lors de **la montée** pour le groupe AT (n=6)



**Figure 26:** Moyennes et intervalles de confiance de la difficulté des lacunes lors de la descente pour le groupe AT (n=6)



**Figure 27:** Moyennes et intervalles de confiance de l'acceptabilité des lacunes pour le groupe AT (n=6)

Pour les sujets du groupe AT, les moyennes des valeurs de la difficulté ressentie lors de l'entrée et de la sortie de la maquette sont faibles : elles ne dépassent pas 38 en montée et 30 en descente. Les moyennes d'acceptabilité des lacunes franchies suivent cette observation puisque la lacune la moins acceptable est cotée à 58 et même les moyennes des lacunes les plus importantes se situent aux alentours de 65 et 75. On remarque que les points dessinent une légère augmentation de la difficulté qui est relativement linéaire et en toute logique à l'inverse de la cotation de l'acceptabilité des lacunes où une courbe de diminution peut être observée (disposition des points relativement linéaire également). On observe également un effet horizontal car les valeurs moyennes des lacunes 20x75, 30x75 et 40x75 cassent la linéarité des points et correspondent aux lacunes horizontales les plus importantes (75 mm). Les sujets de ce groupe sont donc un peu gênés par l'augmentation des dimensions verticales des lacunes, avec un effet horizontal. Les intervalles de confiance sont élevés pour les lacunes combinées à l'horizontale à 75 mm (la 20x75, la 30x75, la 40x75 et la 50x75) ainsi que pour les lacunes les plus importantes en acceptabilité, montrant des disparités intra-groupe importantes.

#### **5.4. Debriefing post test**

##### **5.4.1. Facteurs personnels**

Les personnes testées sont toutes très différentes, que ce soit en inter mais aussi intra groupes. En effet, hormis les caractéristiques génériques, telles que l'âge, le sexe, les capacités fonctionnelles, la MIF ou encore la DEJ, les personnes testés ont des comportements différents face aux situations proposées. Certaines se sont décrites comme plutôt très actives, un sujet se disait même "casse-cou" d'après ses propres termes. Ces personnes aiment la nouveauté et la difficulté. Pour d'autres au contraire, les nouvelles situations sont plutôt anxiogènes, elles ont besoin de temps et de recul pour les analyser. Ces différences engendrent des comportements variés et des approches des situations parfois opposées au moment des essais expérimentaux. Ces variétés de comportement se retrouvent dans la vie quotidienne puisque certaines personnes ont relaté des problèmes rencontrés au cours de parcours en transports en commun. Certains déboires ont découragé certaines personnes d'utiliser les transports en commun en général alors que d'autres évitent seulement d'utiliser le mode avec lequel ils ont eu le problème. Certaines personnes ont peur de la foule, d'être bousculées, gênées, voire même empêchées de se déplacer (effet anxiogène inhibiteur) alors que d'autres au contraire sont plutôt dans une logique combative.

Cette diversité des profils et des personnalités est intéressante dans cette étude car elle permet d'observer des comportements très différents. Une personne raconte comment elle observait chaque situation test avant d'agir alors qu'un autre sujet décrit sa stratégie en disant qu'il prenait un élan identique à chaque fois (induisant lors d'un essai un élan pas assez important et donc un échec plutôt atypique).

Concernant l'expérience de l'aide au déplacement des sujets, les personnes interrogées ont, pour la majorité, appris à se déplacer en fauteuil roulant ou en cannes / béquilles par elles-mêmes. Seulement 2 sujets relatent qu'ils ont appris certaines manipulations de fauteuil en centre de rééducation fonctionnelle, n'incluant pas la technique du "2 roues", qui correspond à la technique de bascule et maintien en équilibre du FR sur les deux roues arrière, sur l'arrière. Les autres avancent que c'est leur propre expérience de terrain qui leur a permis d'apprendre ce qu'ils savent faire. Une personne raconte comment elle a acquis une nouvelle stratégie de franchissement de lacune (en marche arrière en cas de difficulté trop importante) en observant une autre personne en FR. Concernant l'utilisation des transports en commun urbains et des transports guidés plus précisément, la même variété a été observée.

#### 5.4.2. Vécu de l'expérimentation

Les personnes interrogées ont, de manière générale, trouvé la maquette réaliste. Le fait que les tests aient eu lieu sur une maquette à échelle 1/1 est souvent souligné comme positif. Cette maquette représentait les structures de quais, d'entrée et de véhicules, avec des espaces similaires à l'existant (largeur des quais, des portes d'entrée, des espaces intérieurs du véhicule simulé). La matérialisation de différents détails tels que la mise en place de BEV, de revêtements identiques à la réalité, de barres montoirs réelles (achetées à un fournisseur de barres de tramway et de bus) a renforcé l'impression de réalisme. Tous les sujets ont comparé, au cours des échanges, la situation expérimentale à la situation réelle.

En revanche, bien que cette étude ait permis de maîtriser plusieurs variables, différents paramètres de la réalité n'ont pas été simulés, alors que l'on peut faire l'hypothèse qu'ils représentent une source de variation importante par rapport aux résultats expérimentaux. Ces paramètres sont essentiellement le flux de voyageurs, limitant les espaces et les temps de manœuvres, la pression temporelle exercée par le temps d'arrêt en station et l'environnement global (sonore, visuel, climatique et météorologique). Ces facteurs peuvent engendrer des stratégies très différentes de celles utilisées lors des tests expérimentaux. Certaines personnes sont montées et descendues en marche avant alors que dans la réalité, elles ne peuvent se retourner dans l'espace intérieur et doivent descendre en marche arrière, ne maîtrisant pas les espaces derrière elles et n'étant pas très à l'aise dans ce type d'action.

De plus, au cours des tests, les personnes étaient placées face à la porte qu'elles devaient emprunter sans avoir à actionner le bouton d'ouverture de porte au cours des tests alors que dans la réalité, un déplacement est bien souvent à faire, soit par manque de place lié au flux engendrant un changement de porte au dernier moment, soit par mauvaise anticipation de l'emplacement de la porte, ce qui limite d'autant plus le temps pour monter. L'action du bouton d'ouverture peut également influencer sur la stratégie et notamment la prise d'élan qui ne sera plus perpendiculaire à la rame mais plutôt de biais. Les dimensions de lacune choisies et testées représentaient bien les lacunes réelles pour les personnes utilisant le tramway de Lyon mais pour beaucoup de sujets, elles étaient plutôt plus faciles que ce qu'elles rencontrent réellement lors de leurs déplacements en transports collectifs urbains. Ce fait a peut-être engendré une sous-estimation des difficultés ressenties aux moments des tests.

En revanche, pour la plupart des personnes testées et en particulier celles qui avaient les capacités fonctionnelles les plus faibles, l'expérimentation était longue et coûteuse en énergie. Pour plusieurs sujets, de fortes douleurs ont été ressenties lors des franchissements de lacunes tests.

## 6. DISCUSSION

### 6.1. Les franchissements de lacunes : généralités

Pour rappel, cette expérimentation avait pour objectif d'analyser le franchissement de différentes lacunes à l'interface entre une simulation de quai et une simulation de rame de tramway, par des personnes utilisant une aide à la locomotion, en particulier les UFR, et par les personnes utilisant des cannes ou béquille au quotidien lors des déplacements. Pour rappel, la lacune préconisée par l'arrêté transport guidé est de 50 mm en vertical et 50 mm en horizontal et celle de la STI PMR (pour le transport ferroviaire lourd) à 50 mm et 75 mm respectivement.

Les sujets ont été par conséquent testés sur ces 2 couples de lacunes mais également sur d'autres, soit un panel total de 16 situations prédéfinies. Chaque situation a été évaluée et observée pour chaque sujet. Des données en termes de performance ont été recueillies, mais également en termes de ressenti, de comportements et de stratégies.

Au niveau des stratégies, de façon globale sur l'ensemble des observations, les personnes entraient de face, perpendiculairement au véhicule pour monter dans la rame. Certains sujets ont tenté de franchir la lacune en marche arrière, lorsqu'ils étaient en échec de face. Pour la sortie, la plupart des personnes descendaient également de face. Aucune personne en FR n'a utilisé la barre montoire, sur le côté, que ce soit pour s'aider à monter ou à descendre. En revanche, les personnes debout, en cannes ou béquilles les utilisaient fréquemment, en montée comme en descente. Aucun UFR ne s'est retrouvé la roue avant bloquée dans la lacune horizontale. En revanche, une béquille s'est coincée dans une lacune, engendrant une chute. Cette chute a eu lieu entre 2 tests de passage de lacune. La personne s'est rattrapée au montant et n'a subi aucun dommage. Au cours du débriefing, cette personne a rapporté que ce n'était pas la première fois que ce type d'incident lui arrivait. Aucun basculement de FR n'a eu lieu. Une personne en FRE a abandonné avant la fin des tests. Son abandon était lié à des douleurs trop importantes générées par des chocs lors des franchissements, notamment au cours des descentes.

Au niveau de l'étude de mobilité des sujets et de leur utilisation des transports collectifs urbains, la différenciation entre transports de surface et transports guidés a été réalisée suite aux débriefings au cours desquels les personnes ont dit avoir de grandes difficultés à utiliser le métro à cause des pannes d'ascenseurs (loin de la thématique de franchissement à priori mais très proche de la thématique habitude de déplacement). Ainsi, l'exclusion du métro avec le terme « transports de surface » a permis de marginaliser les déclarations portant sur les problèmes de cheminement pour l'accès à ce mode de transport.

Concernant le franchissement des lacunes en lui-même, 100% des personnes testées ont réussi les lacunes 20x20, 20x35, 20x50, 30x20, 30x35, 30x50 et 40x20 en montée. Pour toutes les autres, au moins 1 sujet a été en échec sur les 2 essais de la même lacune. Concernant la descente, une personne a échoué à partir de la lacune 40x35 et une autre à partir de la lacune verticale à 50 mm (en combinaison avec les 4 lacunes horizontales) ainsi que les lacunes avec un espace de 75 mm en horizontal (à savoir la lacune 20x75, 30x75 et 40x75).

Les réussites et échecs dépendent de la dimension de la lacune mais également des groupes observés, les comportements et résultats étant sensiblement différents. La même observation peut être faite au niveau du ressenti de la difficulté pour la montée et la descente ainsi que pour l'acceptabilité des lacunes testées.

## **6.2. Les lacunes par groupe**

### **6.2.1. FRMGlob**

Concernant les performances de franchissement de lacunes, les résultats de ces sujets sont hétérogènes. Les échecs sont fréquents et les écarts se creusent entre les sujets testés, pour les lacunes horizontales à 75 mm et des échecs surviennent à partir des lacunes verticales à 40 et 50 mm. Le temps que prennent les sujets pour franchir la lacune en montée est plus élevé que pour le groupe FRMI.

Au niveau des stratégies, les personnes de ce groupe ne se sont pas mises en roue arrière pour franchir la lacune. Certains prenaient de l'élan et d'autres se positionnaient contre la lacune verticale pour la franchir lentement.

Les sujets de ce groupe sont des sujets ayant des capacités fonctionnelles inférieures à ceux du groupe FRMI. Les scores de MIF confirment cette idée puisqu'ils sont plus bas ( $101.6 \pm 12.5$ ), montrant que ces personnes ont une dépendance fonctionnelle plus importante. Cet élément peut expliquer la non utilisation de la technique du 2 roues pour franchir les lacunes. Les personnes de ce groupe ont une mobilité moins importante. De plus, ils sont plus enclins à utiliser les transports spécialisés et la voiture personnelle que les transports collectifs. D'après les débriefings, le manque de fiabilité de l'accessibilité des transports en commun limiterait leur utilisation lors des déplacements de ces personnes. Ce manque de fiabilité provient essentiellement des pannes d'ascenseur récurrentes qui ont des conséquences sur leur capacité à accéder aux stations ou en sortir ou encore la variabilité des lacunes rencontrées dans le métro Lyonnais, selon les stations. Ces personnes sont très sensibles aux situations de barrières physiques et se réfugient plus facilement dans des solutions plus confortables ou posant moins de difficultés pour elles, telles que l'utilisation des TPMP, de la voiture personnelle ou encore une baisse de la mobilité. Ces résultats vont dans le sens de la constitution des groupes puisque les UFR manuels ayant des limitations fonctionnelles plus importantes ont été classés dans ce groupe. La grande variété des fauteuils roulants utilisés ne

semble pas non plus avoir eu d'effet sur la performance de franchissement (réussite / échec et temporalité).

Au niveau du ressenti, sur une échelle de 0 à 100, les difficultés ressenties ainsi que l'acceptabilité des lacunes sont proportionnelles à l'augmentation des dimensions de lacunes.

Ces réponses subjectives sont en rapport avec les difficultés vécues par les sujets, qui ont des limitations motrices et fonctionnelles plus importantes que les personnes des groupes FRMI. Ces sujets sont encore plus sensibles à l'aménagement de l'environnement, qui peut être facilitateur ou au contraire bloquant. Leur autonomie est encore plus dépendante des facteurs environnementaux car leurs capacités d'adaptation sont réduites.

### 6.2.2. FRE

Les résultats de franchissement de lacunes des sujets de ce groupe sont également très hétérogènes, malgré le nombre importants de sujets testés. Certaines personnes n'ont subi aucun échec alors que d'autres n'ont réussi que les lacunes les plus petites. En montée, les lacunes induisant des échecs fréquents sont celles composées de lacunes verticales à 40 mm et à 50 mm. Le nombre important d'échecs pour les lacunes les plus grandes provient sans doute du facteur "capacité fonctionnelle". Les sujets de ce groupe ont obtenu des valeurs de MIF à 85.4 ( $\pm$  17.1), indiquant une dépendance fonctionnelle plus importante encore que le groupe FRMGlob. Ces personnes sont celles qui ont le moins de force et de mobilité. La forte composante de femmes dans ce groupe peut également expliquer des faiblesses motrices, leur composante musculaire étant sans doute moins développée que pour les sujets de sexe masculin. Ces résultats sont en accord avec l'étude japonaise [5, 6], qui avait montré que les sujets avec des FRE les moins mobiles avaient échoué aux lacunes de 40 et 50 mm de hauteur, pour toutes les combinaisons de lacunes horizontales.

Les stratégies de montée sont un peu différentes de celles des UFRM car les sujets de ce groupe se sont quasiment tous avancés jusqu'au seuil de la rame en marquant un arrêt, afin de franchir la hauteur. Une nouvelle pause est marquée avant le passage des roues arrière (qui ne passent pas dans tous les cas). Aucune personne n'a utilisé d'élan. Pour la descente, les personnes se rapprochaient du bord, franchissaient les roues avant, avançaient, marquaient une nouvelle pause pour faire descendre ensuite les roues arrières. De ce fait, une secousse se faisait sentir pour les lacunes les plus hautes, engendrant pour plusieurs sujets des douleurs assez importantes (une personne a interrompu l'expérimentation avant la fin des tests pour cette raison). C'est sans doute la raison pour laquelle les échecs ont été plus importants en descente que pour les autres groupes.

La variabilité et l'hétérogénéité des résultats peuvent être dues au fait qu'un panel large de personnes testées a été recherché, aussi bien en termes de capacités fonctionnelles que de fauteuils roulants. En effet, la puissance des FR utilisé semblait avoir un impact sur la capacité de franchissement (surtout en montée) ainsi que la taille des roues, avant et arrière. Cette variabilité inter-sujets se retrouve dans les habitudes de déplacements : le groupe est très hétérogène. D'après les résultats

des débriefings, il semble qu'il existe une part importante de facteurs personnels et environnementaux dans les choix de déplacements et modes de transports.

Au niveau du ressenti, la tendance est la même que pour le groupe précédent. La difficulté augmente proportionnellement aux dimensions de lacunes et l'acceptabilité diminue avec l'agrandissement des lacunes.

Comme pour le groupe précédent, les réponses sur le ressenti sont liées aux difficultés vécues par les sujets. Les sujets de ce groupe font partie des sujets les moins mobiles de l'ensemble de l'expérimentation et ils sont très dépendants des aménagements, de l'environnement. Comme pour les FRMGlob, leur autonomie est encore plus dépendante des facteurs environnementaux car leurs capacités d'adaptation sont réduites.

### 6.2.3. FRMI

Les sujets de ce groupe ont réussi tous les franchissements de lacune, en montée comme en descente. Les temps de réalisation se situent tous en-dessous de 10 secondes. Pour les montées, la plupart des personnes étaient capables de se mettre en 2 roues arrière, facilitant le franchissement de la lacune verticale. La lacune horizontale aurait pu être problématique pour les petites roues avant mais aucune ne s'est coincée, les sujets prenant suffisamment d'élan dans la plupart des cas. Un bémol peut être émis car il est difficile de connaître la performance des sujets ayant pris un élan si cet espace nécessaire de prise d'élan était supprimé, comme cela pourrait être le cas dans la réalité.

Les personnes testées obtiennent un score de MIF de 116.6 en moyenne ( $\pm 3.1$ ). Une étude de Barbin et al.[10] avait comparé deux groupes de blessés médullaires en FR, un sportif et un non sportif et les résultats avaient montré que le groupe sportif avait une MIF supérieure (117) aux non sportifs (113). Les résultats du groupe sportif sont très proches des résultats obtenus au cours de notre étude. De ce fait, notre échantillon de sujet en FRMI est composé de personnes ayant une indépendance fonctionnelle importante. Les personnes de ce groupe sont capables de s'adapter aux tâches de la vie quotidienne (soins personnels) et de réussir des tâches motrices telles que le franchissement des lacunes testées. Ces résultats sont confirmés par la mobilité de ces sujets dans le quotidien, qui est importante pour tous, que ce soit en transports collectifs ou en véhicule personnel.

La grande variété des fauteuils roulants utilisés ne semblent pas avoir eu d'effet sur la performance de franchissement (réussite / échec et temporalité).

Au niveau du ressenti et de l'acceptabilité des lacunes testées, sur une échelle de 0 à 100, les valeurs suivent les dimensions de lacunes. Quand les dimensions de lacunes augmentent, la difficulté ressentie croît également et l'acceptabilité baisse. Ces phénomènes sont moins marqués que pour les deux groupes précédents. Les sujets de ce groupe n'ont subi aucun échec de franchissement. Ces données sont en accord avec les idées ayant émergé lors des débriefings réalisés en post-test et montrent que la difficulté de franchissement des lacunes les plus importantes existe, même si les valeurs de cotations sont plus faibles que pour les deux groupes précédents.

#### 6.2.4. FRMPO

Ce groupe est un peu particulier et les résultats se présentent plus comme des études de cas. Les résultats de franchissement de lacunes montrent qu'aucun des 3 sujets testés n'a échoué face aux différentes situations. Les personnes étaient poussées par une tierce personne, qui pouvaient faire basculer le FR sur les roues arrière pour franchir la lacune et amortir la retombée du FR en descente. Ainsi, les capacités fonctionnelles des sujets ainsi que leurs types de FR n'avaient pas d'incidence sur les performances de franchissement. Les temps de franchissement de lacunes étaient également très courts en montée comme en descente.

En revanche, les résultats obtenus avec les échelles de difficulté et d'acceptabilité montrent des différences entre les lacunes les plus petites et celles qui sont plus importantes. Ce phénomène pourrait être expliqué par le fait que lorsque les personnes ont répondu à ces échelles, le fait d'être deux personnes (avec l'accompagnant) a pu renforcer l'opinion négative. En effet, afin d'améliorer leur situation actuelle (sujets peu autonomes puisque qu'ils nécessitaient l'aide d'une tierce personne), les personnes ont pu surestimer la difficulté, en imaginant devoir franchir seuls ces lacunes. Les personnes en FR de ce groupe sont des personnes âgées, avec des résultats de MIF assez bas ( $87.7 \pm 24.8$ ), une dépense énergétique journalière plus faible que pour les autres groupes ainsi qu'une mobilité réduite (les habitudes de déplacements en transports collectifs ainsi qu'en voiture semblent être faibles). Ces personnes se voient comme étant fortement à mobilité réduite puisqu'en plus, elles dépendent d'une tierce personne pour se déplacer. Tous ces facteurs ont pu influencer les réponses subjectives négativement. De ce fait, les personnes de ce groupe seraient moins sensibles aux facteurs environnementaux et plus aux facteurs personnels.

#### 6.2.5. AT

Les sujets de ce groupe n'ont pas subi d'échec ni en montée ni en descente, pour aucune lacune. La durée pour chaque essai était très courte, aucun problème ne s'est manifesté, hormis la personne qui a coincé une béquille (hors test) dans l'espace horizontal. La plus grande lacune représentait une petite marche, d'après les résultats des débriefings.

La difficulté ressentie était quasiment inexistante et les lacunes ont été vécues comme étant acceptables par ces sujets.

Ces résultats s'expliquent par le fait que les personnes sont debout, obtiennent des scores de MIF élevés ( $116.3 \pm 3.1$ ) indiquant que ces personnes ont une indépendance fonctionnelle importante. Dans la réalité des faits, les personnes testées sont mobiles et n'utilisent quasiment pas les transports spécialisés mais, au contraire, beaucoup les transports collectifs.

La béquille coincée dans la lacune, ayant fait chuter un sujet de l'expérimentation, apporte un bémol par rapport à ces résultats de réussite de lacune. Un moment d'inattention à une lacune horizontale importante peut engendrer des accidents, avec risques de chutes.

### **6.3. Ecueils**

Cette étude n'a pas permis de constituer des groupes représentatifs de la réalité, faute de données sur ce sujet. Par conséquent, le fait d'avoir plus d'hommes ou plus de femmes dans certains groupes est-il lié à la réalité des faits (les femmes préféreraient les FRE car elles auraient des capacités musculaires plus réduites ?) ou à un hasard non représentatif malencontreux ? Difficile de répondre à cette question puisqu'aucune donnée chiffrée n'est disponible à ce propos. De plus, le mode de recrutement était libre et ouvert à toutes les personnes ciblées par les tests. La constitution des groupes s'est faite au fur et à mesure de l'avancée de l'expérimentation. Des choix ont été réalisés uniquement en fin de période expérimentale, selon les besoins (en termes de statistiques) pour certains groupes, notamment les UFRMI et UFRE. Pour les autres groupes, un nombre plus important de sujets aurait été nécessaire pour obtenir des résultats statistiquement interprétables. La réalité du recrutement de sujets a fait que pour les groupes FRMGlob et surtout FRMPo et AT, le nombre de sujets fait plus appel à l'étude de cas.

Un autre écueil est la non reproduction expérimentale des conditions environnementales qui peuvent se présenter lors de l'utilisation des transports guidés urbains (présence des autres voyageurs notamment). Ce paramètre peut induire des variations de comportements et de stratégies pour l'entrée et la sortie du véhicule. Le flux des autres voyageurs peut avoir des incidences sur les espaces possibles utilisables, sur le quai (induisant des impacts sur l'élan), à l'entrée (au niveau de la porte) ou encore à l'intérieur du véhicule.

La pression temporelle est également un facteur annoncé par plusieurs sujets lors des débriefings comme étant gênant dans la réalité et non reproduit dans l'expérimentation. Les tests n'ont pas mis en œuvre cette contrainte puisqu'elle varie selon les exploitations. Seule la limite de 60 secondes était établie pour arrêter les sujets qui ne réussissaient pas à franchir la lacune. La plupart des sujets ayant échoué s'arrêtaient bien avant mais une limite fixe devait être instaurée.

De ce fait, des observations dans la réalité se sont révélées nécessaires, de manière complémentaire avec les tests expérimentaux, afin d'observer les effets de la pression temporelle ainsi que du flux de voyageurs et de l'espace libre / occupé.

## **7. Observations in situ**

### **7.1. Plan d'observation**

Ces observations en situations réelles de franchissement des lacunes des transports guidés ont eu pour objet d'analyser l'impact, sur la difficulté du franchissement, de paramètres difficilement simulables (tels que le flux de voyageurs par exemple ou la pression temporelle).

### 7.1.1. Observations à réaliser

Deux types d'observations ont été prédéfinis :

#### *Les observations surprise*

Une station particulière du réseau de tramway est ciblée afin de se positionner et d'attendre que des UFR se présentent, afin d'observer leur franchissement de lacune (en entrée et en sortie). Lorsqu'un UFR apparaît sur le quai ou dans le véhicule, la personne est observée et filmée afin d'analyser à posteriori l'exécution de cette tâche de franchissement de lacune.

Les mesures réalisées sont le temps d'ouverture de porte, d'entrée et / ou de sortie de l'UFR et la lacune franchie.

#### *Les observations provoquées sur un parcours imposé*

Un parcours est imposé à des personnes en FR sollicitées pour ces observations. Deux paramètres doivent être étudiés : le flux de voyageurs et la dimension des lacunes. Les sujets observés sont suivis en montée et en descente, tout au long du parcours imposé. Les mêmes mesures que pour les observations surprises sont réalisées.

### 7.1.2. Organisation

Temps 1 : Connaissance du réseau tramway, mesures des lacunes sur place et constitution du parcours imposé. L'observateur navigue sur le réseau.

Temps 2 : Observation surprise / sur parcours imposé

Pour les observations surprise, une fois le site d'observation choisi (la station de tramway), l'observateur conserve un poste fixe.

Sur le parcours imposé, l'observateur suit la personne lors des différents franchissements réalisés.

## **7.2. Tramway de la ville de Marseille**

### 7.2.1. Le contexte

Les transports guidés de Marseille sont composés du tramway et du métro. Ils sont organisés par la communauté urbaine de Marseille Provence Métropole (MPM, l'Autorité Organisatrice des transports urbains). Une personne de la MTM nous a accueillies afin de compléter les informations sur le réseau de tramway et sa mise en accessibilité. L'exploitant du réseau est la RTM (régie des Transports Marseillais). Le principe d'accessibilité des transports collectifs aux PMR est récent puisque le métro, datant de 1977, n'est pas accessible et le réseau de bus comporte seulement 2 lignes accessibles (la 19 et la 83) sur l'ensemble.

Le tramway, mis en circulation en 2007, est donc le premier mode de transport incorporant dès la conception la notion d'accessibilité PMR.

Ce contexte fait que, d'après les représentants d'associations de personnes handicapées contactés et rencontrés ainsi que les personnes rencontrées de la MPM, peu de personnes en fauteuil roulant

utilisent les transports en commun de Marseille. La culture du transport collectif accessible n'est pas encore bien ancrée.

7.2.2. Le réseau

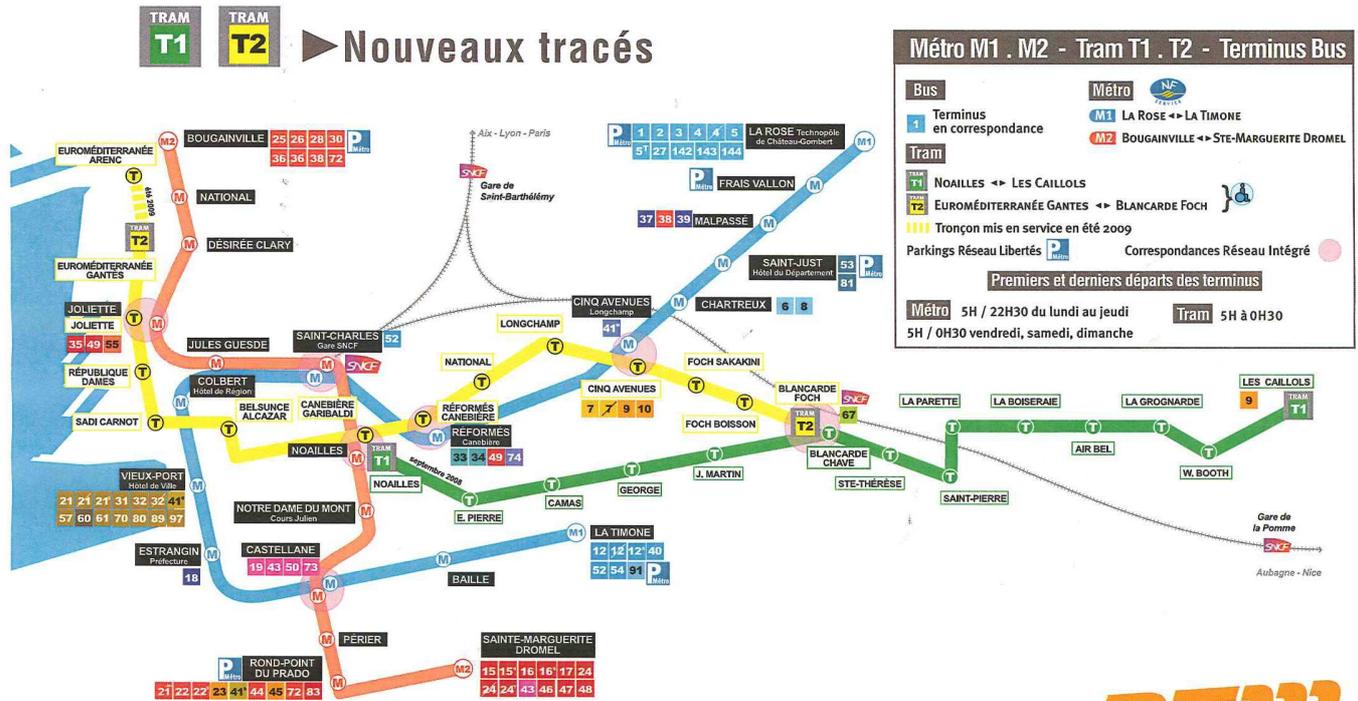


Figure 28: Réseau de transports guidés de Marseille

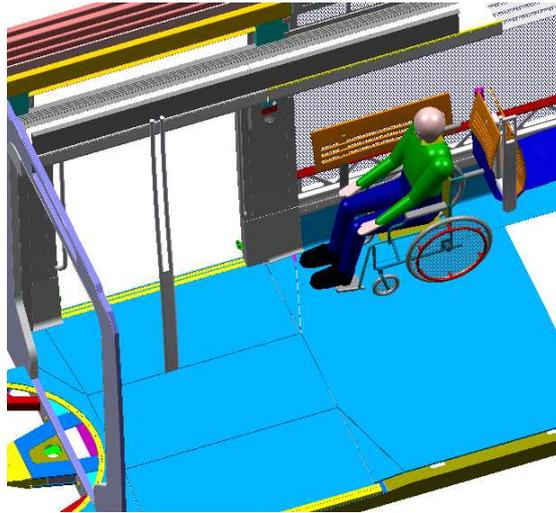
Le réseau de transports guidés de Marseille comporte 2 lignes de tramway (T1 en vert et T2 en jaune) ainsi que 2 lignes de métro (en bleu M1 et en rouge M2).

Concernant l'intégration du tramway au réseau, la conception et maitrise d'œuvre s'est faite en concertation avec les associations d'usagers, y compris à mobilité réduite.

Ainsi, d'après la documentation fournie par la maitrise d'œuvre (la MPM), l'interface quai-véhicule est réduite. Un des principes du cahier des charges était d'avoir une lacune comprise entre +20 mm et -30 mm en verticale et 15 mm en horizontale.

Les quais sont à 300 mm de hauteur.

Le matériel roulant est composé de véhicules Bombardier, avec, à l'entrée, un seuil biseauté suivi d'une légère pente pour atteindre un plat en milieu de véhicule. Une deuxième pente existe ensuite pour atteindre la place réservée aux FR (voir l'image ci-dessous). Un seuil fusible en élastomère rend l'abord du seuil souple.



**Figure 29:** Espace intérieur du tramway Bombardier mis en circulation à Marseille (image fournie par MPM)

### 7.2.3. Les observations

Au cours des observations, des mesures ont été réalisées. La lacune horizontale était de 20 mm et la lacune verticale de 24 mm. Au moment des mesures, les rames étaient relativement vides ou en charge à 1/3. La durée d'ouverture des portes était de 8 secondes en mode normal et de 14 secondes en utilisant le bouton d'ouverture réservé aux PMR, en mode temporisé.

Comme nous avions prévenu les personnes des associations de personnes handicapées et celles de la MPM, aucune personne en FR n'a été rencontrée "par hasard".

Des observations ont été faites avec un sujet, qui s'est plié au parcours imposé, construit en concertation avec les personnes de la MPM et l'expert qui accompagnait ces observations. Le suivi a été fait depuis la station *La Joliette* sur la ligne T2. Une entrée a pu être observée. Puis, nous sommes descendus à la station *Blancarde Foch* afin d'emprunter le T1 (station d'échange entre les 2 lignes de tramway). Nous avons circulé jusqu'à la station *Noailles* avec le T1, qui est également une station d'échange T1-T2. Nous avons à nouveau emprunté le T2 jusqu'à l'arrêt *La Joliette*, afin de terminer le parcours. Ce qui fait au total 3 montées et 3 descentes.

La personne qui a suivi ce parcours était une personne en FR manuel avec ajout d'un moteur électrique, avec des petites roulettes à l'arrière, anti-bascule. Elle utilise aussi souvent un FR manuel. C'était un homme, âgé d'une quarantaine d'année. Il a une mobilité relativement importante et utilise majoritairement sa voiture personnelle (car selon lui, les transports collectifs de Marseille ne sont pas accessibles). Il lui arrive fréquemment d'utiliser les bus interurbains (aux alentours de Marignane) mais il n'avait jamais emprunté le tramway de Marseille.

Au niveau des entrées, le sujet n'a eu aucune difficulté pour franchir la lacune. Il avançait, perpendiculairement à la rame, en avant. Il arrivait en butée sur la lacune verticale, marquait un arrêt puis montait. Ce comportement est similaire à celui observé sur maquette. Il a eu le temps (dans les 8 secondes d'ouverture normale) à chaque fois de monter, sauf une fois, où il a changé de porte au dernier moment car le flux de voyageurs était trop important au niveau de la porte d'entrée réservée

aux PMR. De ce fait, il a dû réappuyer sur le bouton de commande d'ouverture de porte (il a failli être bloqué).

Au niveau des descentes, la personne s'est mise en avant spontanément, pour descendre perpendiculairement au quai. Lors de la deuxième sortie, le sujet s'est trompé de porte. Il avait anticipé sa sortie en se plaçant face à la porte de gauche dans le sens de la circulation et la station de descente prévue était à droite (quai central). Il a dû faire un demi-tour. Il a eu le temps et l'espace pour le faire.

Au niveau du flux, lors de l'entrée comme de la sortie, les autres usagers sont passés avant la personne en FR. A l'intérieur, les personnes laissaient la place au niveau de l'entrée mais pas sur le quai ni sur l'espace réservé aux FR.

### 7.3. Tramway de la ville de Nice

#### 7.3.1. Le contexte

Le seul transport guidé à Nice est le tramway. Les transports sont organisés par la Communauté d'Agglomération Nice Côte d'Azur (CANCA). L'exploitant du réseau est ST2N (branche de Véolia). La ligne comprend 21 stations.



Le tramway, mis en circulation fin 2007, est le premier mode de transport incorporant dès la conception la notion d'accessibilité PMR.

D'après les représentants d'association de personnes handicapées contactés, beaucoup de personnes en fauteuil roulant utilisent le tramway de Nice.

L'exploitant et l'autorité organisatrice n'ont pas apporté de retours d'expérience ou d'informations supplémentaires concernant la thématique "conception et usage du réseau de transports guidés urbains" et accessibilité aux PMR et plus particulièrement aux UFR.

### 7.3.2. Le réseau

Le réseau de transports guidés de Nice comporte 1 ligne de tramway (T1), allant de la station Las Planas jusqu'à Pont Michel, en passant par le centre ville et le vieux Nice.

Concernant l'intégration du tramway au réseau, la conception et maîtrise d'œuvre a été faite en concertation avec les associations d'usagers, y compris à mobilité réduite.

La ligne de tramway répond a priori bien aux besoins des usagers car elle semble être très fréquentée, tout au long de la journée. La fréquence de passage du tramway a augmentée pour des raisons de flux important d'usagers.

Le matériel roulant est composé de véhicules Alstom Citadis. Les portes dites accessibles, avec le logo PMR, sont toutes les doubles portes, excluant ainsi la tête et la queue du tramway. En entrée, le seuil biseauté est suivi d'un plat. Un seuil fixe ressort par rapport à la porte pour les accès en double porte (donc ni en tête ni en queue de tramway), afin de rapprocher le quai du plancher du véhicule. Un poteau de maintien de mi-hauteur est installé au milieu de l'espace d'entrée.

Les quais sont à 270 mm de hauteur. Ils sont en béton, avec les bandes d'éveil de vigilance incrustées dans le sol (en plaques métalliques). Au bout du quai, un tasseau de bois est fixé en finition.

Concernant les dimensions horizontales et verticales des lacunes, aucune version officielle n'a été apportée. En revanche, l'APF locale annonce des lacunes entre 30 et 50 mm en verticale et 20 et 40 mm en horizontal.

### 7.3.3. Les observations

Les lacunes horizontales mesurées sont de 35 mm et les verticales ont varié de 5 à 20 mm lors des observations, selon la charge de la rame et le véhicule emprunté. Les rames n'ont jamais été vides ou peu remplies mais au minimum rempli à moitié avec un maximum où la personne observée a failli ne pas pouvoir monter (charge aux  $\frac{3}{4}$  de la capacité totale).

La durée d'ouverture de porte a été mesurée à la station *Jean Medecin*, elle est de 18 secondes.

Aucune personne en FR n'a été rencontrée "par hasard". Quelques personnes en FR ont été aperçues dans la rue mais aucune n'a emprunté le tramway au lieu et au moment où les observations se déroulaient.

Des observations ont été faites sur un sujet, qui s'est plié à un parcours imposé, construit en concertation avec l'expert extérieur que nous avons sollicité en début de projet et les associations de

personnes handicapées. Le suivi a été fait depuis la station *Opéra Vieille Ville*. Une entrée a pu être observée. Puis, nous sommes descendus à la station *Palais des expositions*. Nous avons circulé ensuite en sens inverse jusqu'à l'arrêt *Jean Médecin* pour remonter en sens inverse et atteindre l'arrêt *Massena*, afin de terminer le parcours. Ce qui fait au total 3 montées et 3 descentes.

La personne qui a suivi ce parcours était une personne en FR manuel avec ajout d'un moteur électrique. Elle n'utilise jamais de FR manuel pour se déplacer en extérieur. C'était une femme, âgée d'une quarantaine d'année. Elle a une mobilité relativement importante et utilise de façon assez fréquente le transport à la demande. Elle utilise le tramway assez fréquemment.

Au niveau des entrées, la personne n'a eu aucune difficulté pour franchir la lacune. Elle avançait, perpendiculairement à la rame, en avant. Elle arrivait en butée sur la lacune verticale, marquait un arrêt puis montait. Elle a eu le temps à chaque fois de monter, sauf une fois, où elle a dû changer de porte au dernier moment car le flux de voyageurs était trop important au niveau de la porte d'entrée. De ce fait, elle a dû réappuyer sur le bouton de commande d'ouverture de porte.

Au vu du flux de voyageur, il lui a été impossible, lors des 3 essais, de prendre un quelconque élan.

Au niveau des descentes, la personne était obligé de descendre en arrière car lors de chaque montée, le flux d'usagers était important et l'espace pour faire demi-tour inexistant. Le poteau dans l'espace d'entrée était très gênant également pour effectuer cette manœuvre. Elle a buté contre de nombreux voyageurs en descendant, n'ayant aucune visibilité. La descente prenait donc plus de temps que la montée et s'est avérée être plus délicate.

Lors de l'entrée comme de la sortie, les autres usagers sont passés avant la personne en FR. A l'intérieur, les personnes laissaient la place au niveau de l'entrée mais pas sur le quai ni sur l'espace réservé aux FR.

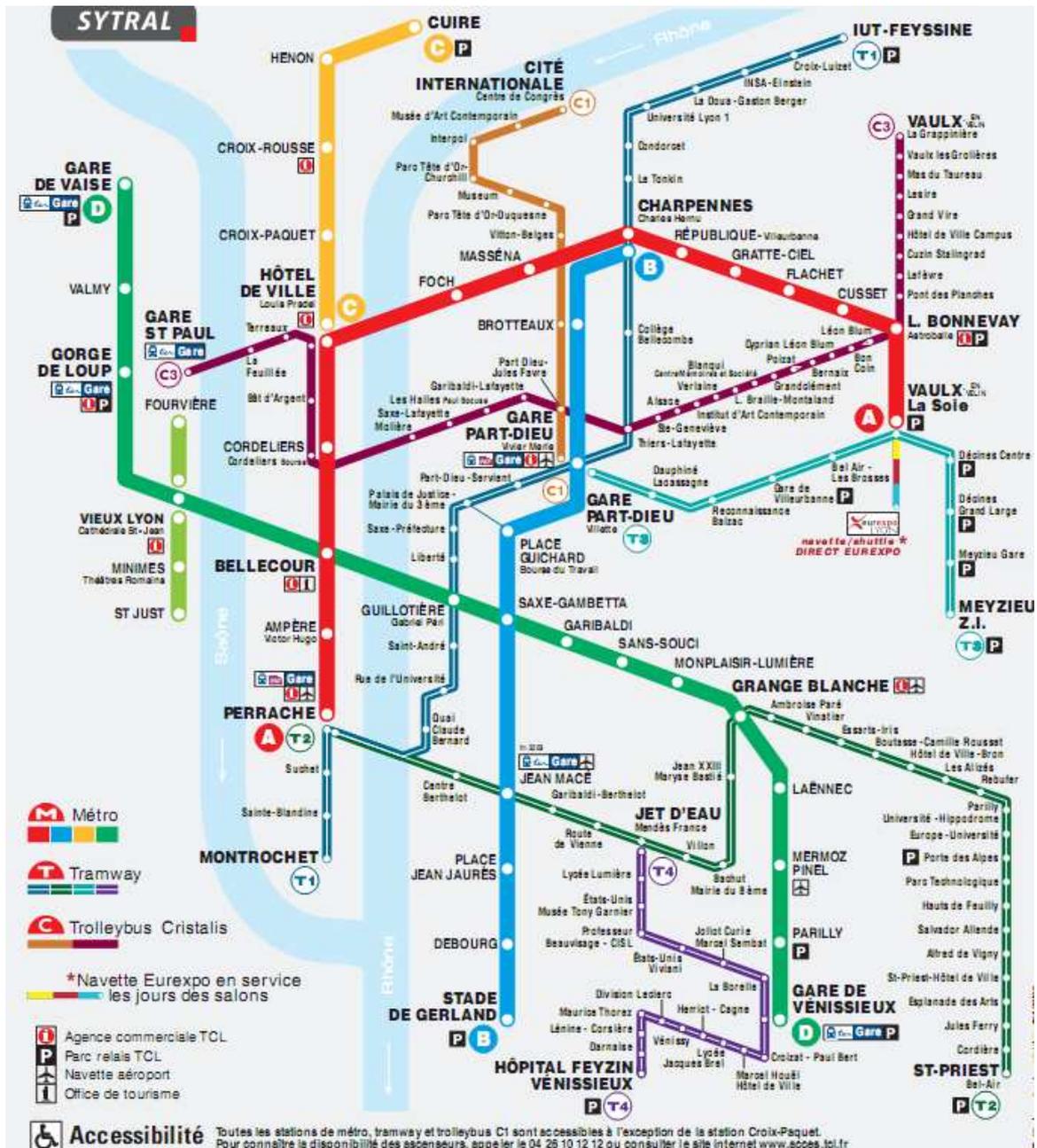
Les observations in situ à Nice étaient intéressantes car elles se sont déroulées entre 10h30 et 15h30 et le flux de voyageurs était dense durant toute cette tranche horaire. De nombreuses mamans avec poussettes circulaient, engendrant un conflit entre personnes prioritaires.

## **7.4. Tramway de la ville de Lyon**

### **7.4.1. Le contexte / le réseau**

L'autorité organisatrice des transports de Lyon et son agglomération (le Grand Lyon). Keolis Lyon, société privée filiale du groupe Keolis s'est vu confié par le Sytral la gestion du réseau TCL dans le cadre d'une délégation de service public.

Le réseau de transports guidés de Lyon est composé de 4 lignes de métro (A, B, C et D, la dernière étant automatisée), 2 lignes de funiculaire et 3 lignes de tramway (T1, T2 et T3).



Les stations de métro et de funiculaire sont toutes accessibles aux UFR par des ascenseurs sauf la station *Croix Paquet* sur la ligne C. La ligne D est celle qui est considérée comme la plus accessible par les PMR car la lacune horizontale est réduite à une porte par une palette qui se déploie, signalée par un petit pictogramme sur le quai. Les rames contiennent des espaces "multifonctions" à l'entrée de certaines portes, permettant aux FR d'avoir suffisamment d'espace pour se placer dans la rame et manœuvrer leur FR (quand le flux de voyageur leur permet).

Les lignes de tramway sont toutes accessibles aux UFR. Les quais sont tous accessibles par des pentes respectant les normes en vigueur avec des espaces libres de toute barrière physiques.

Le matériel roulant est composé de véhicules Alstom Citadis. Toutes les portes sont considérées comme accessibles. Elles ont toutes les doubles portes, excluant celle de tête et de queue du tramway. Une porte est spécialement conçue pour s'ouvrir automatiquement sur la ligne T3. Ce

système devrait se généraliser aux autres lignes de tramway. En entrée, le seuil biseauté est suivi d'un plat. Un seuil fixe ressort par rapport à la porte pour les accès en double porte (donc ni en tête ni en queue de tramway), afin de rapprocher le quai du plancher du véhicule. L'espace d'entrée est libre, les barres montoires encadrant la porte de chaque côté.

Les quais sont en béton, avec les bandes d'éveil de vigilance incrustées dans le sol (en plaques métalliques).

La politique d'accessibilité des transports en commun lyonnais est assez ancienne et cette approche a permis de développer la mobilité des PMR, dans le réseau de bus que du tramway en particulier.

#### 7.4.2. Les observations

Au cours des observations, les lacunes horizontales et verticales ont varié selon le flux de voyageurs mais également selon les stations. En verticale, les lacunes mesurées étaient comprises entre presque 0 et 10 mm. Le flux était de 2/3 à 3/4 de remplissage. Les lacunes horizontales ont varié de 35 à 44 mm sur les lignes T1 à la station *Part-Dieu* et T3 entre les stations *Part-Dieu* et *Décines Centre*.

Des observations surprises ont été réalisées. Les expérimentateurs ont circulé, dans un premier temps, sur la ligne du T3, sans rencontrer d'usagers en FR. Ils se sont ensuite postés à la station *Part-Dieu* de la ligne T1, qui se situe entre la gare et le centre commercial. Le flux de voyageurs était important, dans les 2 sens. De nombreuses personnes en FR ont été aperçues dans les environs (centre commercial, gare, esplanade, trottoirs...) ainsi que dans le tramway. Au total, cinq personnes ont pu être observées (5 hommes).

La première personne était un UFR électrique. Les roues de son FR étaient larges, à l'avant comme à l'arrière. La personne provenait de la gare, a circulé le long de l'esplanade, a traversé la route et est entrée dans le tramway sans rencontrer aucun obstacle. Elle n'a pas eu de rupture dans son déplacement car le tramway était en station, portes ouvertes au moment de l'arrivée de la personne sur le quai. La lacune n'a pas semblé être un obstacle, la personne est entrée perpendiculairement au véhicule.

La deuxième personne était un UFR manuel. Elle a été observée sur une descente du tramway, qui s'est faite par l'avant. Cette personne a été retrouvée environ une heure plus tard pour reprendre le tramway dans le sens inverse. Elle n'a pas semblé avoir de difficulté de franchissement de lacune, ni en montée ni en descente alors qu'elle semblait peiner légèrement lors de ses déplacements sur la voirie (pentes d'accès aux quais notamment).

Une autre personne en FR manuel également a été rencontrée sur le quai, en attente d'arrivée du tramway. Cette attente a permis de l'interroger sur ses habitudes de déplacements. Cette personne utilisait quotidiennement le tramway ainsi que le métro (en particulier la ligne D) et les bus (un peu moins fréquemment). Elle semblait bien connaître le réseau de TC de Lyon. Elle était active et autonome. Elle s'est placée sous le pictogramme PMR. Ce repère visuel n'a pas vraiment de fonction sur cette ligne mais il revêt une utilité sur la ligne T3 et T4 car il permet de se placer devant la porte automatique. La personne n'a eu aucune difficulté pour monter dans le véhicule, à son arrivée (hormis

la gêne occasionnée par le flux d'autres voyageurs). Il est entré perpendiculairement à la rame. Quelques temps après, cette personne est revenue en sens inverse et est descendue, en marche arrière. Aucune difficulté n'a semblé apparaître, la personne a ensuite continué son déplacement sur la voirie.

Une autre personne en FR manuel est descendue du tramway, sans difficulté apparente. Son FR possédait des roues avant très petites. La stratégie de descente a été de sortir par l'avant. La personne s'est ensuite dirigée vers l'ascenseur du métro, pour prendre la ligne B, sans rupture apparente dans son déplacement.

Enfin, une dernière personne en FR électrique a été aperçue à l'intérieur du tramway. Son FR semblait posséder des roues avant importantes. Elle n'est pas montée à la station de la Part-Dieu ni descendue, elle a juste utilisé ce mode de déplacement.

Ainsi, sur une observation de quelques heures, de nombreux UFR ont utilisé le tramway pour se déplacer. L'impression globale est que ce mode de transport semble être entré dans les habitudes de déplacements des UFR et que de nombreuses personnes l'utilisent en routine. Cette station de la *Part-Dieu* est stratégique et les composantes d'accessibilité importantes. En revanche, le fait de n'avoir pas pu observer de femmes est surprenant et peut amener bon nombre de questions.

## 8. CONCLUSION

Les capacités fonctionnelles semblent bien avoir un rôle important dans la réussite ou non des franchissements de lacunes, puisque les sujets des groupes les plus mobiles et les moins dépendants sont ceux qui n'ont jamais échoué sur les différentes situations.

En revanche, l'effet matériel semble être limité puisque la grande variété de FR n'a pas fait évoluer les résultats en terme d'échec ou réussite, mis à part pour le groupe de FRE.

Les facteurs personnels semblent également influencer les résultats, d'après les débriefings conduits en fin de tests. En effet, les personnes plutôt mobiles et dynamiques ont été celles qui réussissaient le mieux les franchissements de lacunes.

En revanche, les facteurs environnementaux ayant un impact sur les franchissements de lacunes semblent être évidents.

Ainsi, un espace vide et large est facilitant alors qu'un flux de voyageurs important limite les possibilités de l'UFR. L'espace réduit voire très limité par l'occupation par les autres voyageurs peut engendrer une réduction voire une suppression des possibilités de prise d'élan. Les stratégies d'entrée se modifient avec la restriction d'espace et l'usager UFR doit s'adapter. Ainsi, les personnes dotées de capacités d'adaptation importantes auront moins de difficultés mais certaines personnes, comme cette étude l'a montré, sont limitées en termes d'adaptation et de motricité et risquent de se retrouver dans des situations inextricables et de ne pas pouvoir emprunter les transports guidés. Concernant la descente, les UFR ne peuvent pas se retourner en cas d'espace restreint à l'intérieur des véhicules roulants. Cette difficulté se révèle très forte en cas de flux important, alors qu'elle est quasiment inexistante en cas d'espace libre.

Ainsi, en conclusion, l'effet "dimension de la lacune" sur les performances de franchissement de lacunes augmente dans les situations dégradées, avec un flux de voyageurs important et des espaces réduits.

## RESUME

La législation française précise que les transports publics doivent être accessibles à tous et en particulier aux personnes à mobilité réduite (PMR). Concernant les transports guidés urbains (incluant le tramway, le métro et certains bus guidés), la taille de la lacune entre le véhicule et le quai doit être la plus petite possible afin d'assurer un franchissement confortable et sécuritaire pour elles et en particulier pour les personnes se déplaçant avec une aide technique à la locomotion, à savoir un fauteuil roulant (FR) ou des cannes / béquilles. Les constructeurs de véhicules de transports guidés sont confrontés à des contraintes techniques pour concevoir des matériels engendrant des lacunes réduites avec les infrastructures. Les opérateurs de transports publics ont besoin d'informations au sujet de la dimension optimale et maximale de la lacune. Face au manque de connaissances précises sur le sujet, la Direction Générale des Infrastructures des Transports et de la Mer du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer a commandé une étude spécifique dont le but est de fournir des aides à la détermination de la lacune maximale entre le quai et le véhicule de transports guidé urbain. Cette étude a été conduite par l'INRETS, l'Institut National de REcherche sur les Transports et leur Sécurité. Une maquette physique a permis de simuler le couple véhicule (tramway) et quai. Des conditions expérimentales spécifiques ont été conçues afin d'évaluer différentes dimensions de lacunes (entre 20 et 50 mm en vertical et en horizontal) à franchir par les personnes avec FR ou cannes/béquilles. Une lacune spécifique supplémentaire a été testée, la lacune 50x75, qui apparaît dans la législation européenne des spécifications techniques d'interopérabilité infrastructures et matériels roulants pour le système ferroviaire transeuropéen. Les capacités fonctionnelles et le type d'aide technique au déplacement des personnes étant 2 critères majeurs supposés influencer les performances des sujets ciblés, plusieurs groupes ont été constitués à partir de ces deux paramètres. Au total, 49 sujets ont participé à l'étude, dont 22 en FR électrique, 21 en FR manuel et 6 avec cannes/béquilles. Les mesures réalisées ont été : le temps de franchissement, la difficulté ressentie (pour la montée et la descente) et l'acceptabilité de la lacune. Les résultats ont été analysés pour chaque lacune (définies par les dimensions horizontale et verticale) et pour chaque groupe (défini par le type d'aide technique utilisée et les capacités fonctionnelles). Ces tests ont été complétés par des observations en situation réelle sur trois réseaux de transports urbains comportant des lignes de tramway (Lyon, Marseille and Nice). Ces observations avaient pour objectif d'évaluer les effets des paramètres environnementaux non simulables en situation expérimentale, comme la pression temporelle liée à l'exploitation ou le flux de voyageurs en période pleine, sur les capacités des sujets ciblés à franchir la lacune. Ces facteurs diminuent les performances de franchissement et augmente la barrière physique que représente la lacune. Cette étude s'est achevée à l'automne 2009.

### Mots-clés

Personne à mobilité réduite, fauteuil roulant, transports guidés, dimension de lacune

## Abstract

For tramway, underground, train and more generally all guided public transport vehicles, the gap size between vehicle and platform should be as small as possible, in order to insure a comfortable, a safe across and public transport for wheelchair users. Being confronted with technical constraints when trying to realise a small gap, vehicles manufacturers and public transport operators need information about maximal acceptable gap size. Facing the lack of precise knowledge on this subject, the French ministry in charge of Transports has ordered a specific study, aiming at providing data to determine the value of maximal gap size between vehicle and platform for guided transport vehicles, which would become a legal prescription. This study has been conducted in 2009 by INRETS, the French National Institute for Transport and Safety Research. Specific experimental conditions have been designed, with a physical model for the simulation of vehicle and platform, representing several gap conditions, and an experimental design based on crossing of gaps by wheelchairs users. In addition to several horizontal and vertical dimensions of gap (between 20 and 50 mm), a specific gap (50 mm vertical x 75 mm horizontal) has also been tested – the one appearing in the EC decision for Technical Specification of Interoperability relating to Persons with Reduced Mobility in the trans-European conventional and high-speed rail system. Proceeding from the premise that functional characteristics and type of wheelchair are key factors to explain the crossing difficulties, the targeted population has been divided into several groups, depending on these two criteria. Finally, the experiment has been conducted with 49 manual or electrical wheelchair users with different functional abilities. Collected measures were: crossing time, declared difficulty (both for getting in and out) and gap acceptability. Results are analysed for each gap (defined by horizontal and vertical dimensions) and each group of persons (defined by type of wheelchair and functional abilities).

These results were completed by field observations in ecological conditions in 3 towns with tramlines (Lyon, Marseille and Nice) to observe the effect of environmental parameters such as temporal pressure and passenger's flow in period with a high density of travellers on the abilities to cross the gap. These parameters impaired the performances to cross the gap and increase its physical barriers it represents.

### Key-words

Persons with Reduced Mobility, Wheelchair users, Guided transport vehicle, Gap size

Contact : [celine.grange-faivre@inrets.fr](mailto:celine.grange-faivre@inrets.fr)

## 9. IDENTITE ET QUALITE DES PERSONNES AYANT PARTICIPES A LA RECHERCHE

Nom, prénom	Titres, fonctions	Lieu(x) de la recherche
GRANGE FAIVRE Céline	Docteur en Psycho-physiologie, Chargée de recherche	Laboratoire d'Ergonomie et Sciences COgnitives pour les Transports, INRETS à Bron (69)
MARIN-LAMELLET Claude	Docteur en Neurosciences, Chargé de recherche	Laboratoire d'Ergonomie et Sciences COgnitives pour les Transports, INRETS à Bron (69)
ALAUZET ALINE	Docteur en Sciences informatiques, Ingénieur de recherche	Laboratoire d'Ergonomie et Sciences COgnitives pour les Transports, INRETS à Bron (69)
RENIER Noémie	Ingénieur d'étude	Laboratoire d'Ergonomie et Sciences COgnitives pour les Transports, INRETS à Bron (69)
BLANCHET Vincent	Ingénieur d'étude	Laboratoire d'Ergonomie et Sciences COgnitives pour les Transports, INRETS à Bron (69)
NIKTARIS Dimitri	Stagiaire M2	Laboratoire d'Ergonomie et Sciences COgnitives pour les Transports, INRETS à Bron (69)
DAPZOL Nicolas	Docteur en mathématique et statistiques, chargé de recherche	Laboratoire d'Ergonomie et Sciences COgnitives pour les Transports, INRETS à Bron (69)
GIGOUT Elodie	Ingénieur d'étude	Laboratoire d'Ergonomie et Sciences COgnitives pour les Transports, INRETS à Bron (69)
ROUSSILLON Richard	Technicien	UNEX, INRETS à Bron (69)
JOFFRIN Patrick	Ingénieur TPE	UNEX, INRETS à Bron (69)

## ANNEXES

## Annexe 1 : Mesure d'indépendance fonctionnelle

Date :

n° identifiant

### Règles générales de passation de la MIF :

#### 18 items d'activités

Cotation à 7 niveaux de chaque item : cotation maximale = 7, cotation minimale = 1

Score de 18 (le plus bas) à 126 (le plus élevé)

Pour chaque item, on tient compte de la cotation la plus faible constatée (ce que fait le patient en réalité, pas ce qu'il peut faire !)

Toutes les cases doivent être remplies : il n'y a pas de mention « non applicable » ou « non concerné ».

#### Classification des niveaux de fonction :

- **SANS AIDE = INDEPENDANT** (aucune autre personne n'est nécessaire)
  - **7- Indépendance complète** : tâches réalisées de façon sûre, sans modification, sans aide technique, dans un délai raisonnable
  - **6- Indépendance modifiée** : l'activité nécessite soit une aide technique, un appareillage, ou un temps de réalisation trop élevé, ou bien l'activité n'est pas réalisée dans des conditions de sécurité suffisantes
- **AVEC AIDE = DEPENDANT** (une autre personne est nécessaire pour superviser ou pour aider physiquement : sans assistance l'activité ne peut être réalisée)
  - Dépendance Modifiée : le sujet réalise au moins 50% de l'effort
    - **5- Supervision ou arrangement** : nécessité d'un contrôle, d'une présence, d'une suggestion, d'un arrangement ou d'une préparation des objets nécessaires, de la mise en place d'un appareillage. Il n'y a pas de contact physique avec le sujet pour réaliser la tâche.
    - **4- Assistance avec contact minimal** : effort  $\geq 75\%$ , contact tactile
    - **3- Assistance modérée** :  $50 \leq \text{effort} < 75\%$
  - Dépendance Complète : le sujet réalise moins de 50% de l'effort
    - **2- Assistance maximale** :  $25 \leq \text{effort} < 50\%$
    - **1- Assistance totale** : effort  $< 25\%$

## MESURE D'INDEPENDANCE FONCTIONNELLE

Les items I, L, M et N (*en gras et marqués d'un astérisque\**) seront réalisés devant l'évaluateur

Les autres items sont cotés selon l'interrogatoire du patient.

Cotation	1	2	3	4	5	6	7	
<b>Soins quotidiens</b>								
A.Alimentation								
B.Soins de présentation								
C.Toilette								
D.Habillage haut du corps								
E.Habillage bas du corps								
F.Utilisation des toilettes								
<b>Contrôle sphinctérien</b>								
G.Contrôle de la vessie								
H.Contrôle des selles								
<b>Transferts</b>								
I.Chaise*								
J.W.C								
K.Baignoire ou douche								
<b>Locomotion</b>								
L.Déambulation* : M / F								Entourez la (ou les) mention(s) utile(s)
M.Escaliers*								
<b>Score Moteur (facultatif) :</b>								/91
<b>Communication</b>								
N.Compréhension* (auditive)								
O.Expression : V / N								Entourez la (ou les) mention(s) utile(s)
<b>Cognition sociale</b>								
P.Interaction sociale								
Q.Résolution de problèmes								
R.Mémoire								
<b>Score Cognitif (facultatif) :</b>								/35
<b>Score Total (facultatif) :</b>								/126

Reporter la cotation chiffrée dans la case correspondante pour chaque item.

Pour les items L et O, entourer le (ou les) mode(s) le(s) plus usuellement utilisé(s).

## BIBLIOGRAPHIE

1. *Arrêté du 13 juillet 2009 relatif à la mise en accessibilité des véhicules de transport public guidé urbain aux personnes handicapées et à mobilité réduite.* 2009.
2. Daamen, W., E. DeBoer, and R. DeKloe. *The gap between vehicle and platform as a barrier for the disabled; an effort to empirically relate the gap size to the difficulty of bridging it.* in *Comotred.* 2007. Montreal.
3. ADA, *New ADA Accessibility guidelines side-by-side comparison.* 2005.
4. *Arrêté du 18 janvier 2008 relatif à la mise en accessibilité des véhicules de transport public guidé urbain aux personnes handicapées et à mobilité réduite.* 2008.
5. Kitagawa, H., T. Hashizume, and I. Yoneda. *The integration of accessible environment and personal equipment for train ride.* in *Comotred.* 2007. Montreal.
6. Hashizume, T., et al. *Study ont the accessibility and assistive device between platforms and trains for manual wheelchair user.* in *SICE annual conference.* Sept 17-20, 2007. Kagawa university, Japan.
7. *Directive européenne du 21 décembre 2007: Système ferroviaire transeuropéen conventionnel: spécification techniques d'interopérabilité infrastructures et matériels roulants. Accessibilité aux personnes à mobilité réduite.* 2007, Association européenne d'interopérabilité européenne.
8. *Arrêté du 30 juillet 2008 relatif à la publication et à la mise en oeuvre des spécifications d'interopérabilité concernant les personnes à mobilité réduite, la sécurité des tunnels ferroviaires, le contrôle commande et la signalisation dans le système ferroviaire transeuropéen conventionnel et à grande vitesse et les sous-systèmes "énergie", "exploitation", "infrastructure", "matériel roulant" dans le système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse.* 2008.
9. COLIAC, *Accessibilité des réseaux de tramway.* 2003, CNT: Paris.
10. Barbin, J.M., et al., *La mesure d'indépendance fonctionnelle chez le paraplégique traumatique: étude différentielle d'un groupe sportif et non sportif.* Annales de réadaptation et de médecine physique, 1999. **42**(6): p. 297-305.
11. Calmels, P., *La mesure de l'indépendance fonctionnelle (MIF). Développement et utilisation.* Annales de réadaptation et de médecine physique, 1996. **39**: p. 241-249.
12. Calmels, P., et al., *Évaluation du handicap et de la qualité de vie chez les blessés médullaires : étude d'un échantillon de population de 58 sujets vivant à domicile* Evaluation of the handicap and the quality of life in spinal cord injuries: study in a population of 58 patients living at home. Annales de réadaptation et de médecine physique, 2003. **46**(5): p. 233-240.
13. Berthouze, S., et al., *A new tool for evaluating energy expenditure: the "QAPSE" development and validation.* Med Sci Sports Exerc, 1993. **25**(2): p. 1405-14.
14. Bonnefoy, M., et al., *Validation of a physical activity questionnaire in the elderly.* eur J Appl Physiol occup health, 1996. **74**(6): p. 528-33.
15. Garet, M., et al., *Evaluation de la dépense énergétique quotidienne par auto questionnaire chez des patients présentant une BPCO.* Revue des Maladies Respiratoires, 2006. **23**(4, Part 1): p. 396-396.