



## **Projet SHS**

# **Psychologie cognitive L'Acuité Visuelle Dynamique**

**Cyntia Duc  
Fiorenzo Morini**

**21 Juin 2006**

Assistante:  
**Laura Bamert**

Professeur:  
**Fred Mast**



## Table des matières

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>2</b>
1.1	L'acuité visuelle dynamique.....	2
1.2	Pathologie.....	2
1.3	Objectifs.....	2
<b>2</b>	<b>THÉORIE.....</b>	<b>3</b>
2.1	Le système vestibulaire.....	3
<b>3</b>	<b>MÉTHODE.....</b>	<b>4</b>
3.1	Choix de la tâche visuelle.....	4
3.2	Choix du mouvement.....	4
<b>4</b>	<b>PLAN EXPÉRIMENTAL.....</b>	<b>5</b>
4.1	L'anneau de Landolt.....	5
4.2	Exercice de lecture.....	6
4.3	Acquisition des données.....	6
<b>5</b>	<b>RESULTATS.....</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>DISCUSSION.....</b>	<b>10</b>
6.1	Interprétation des résultats.....	10
6.2	Conclusion.....	10
<b>7</b>	<b>ANNEXES.....</b>	<b>12</b>
7.1	Bibliographie.....	12
7.2	Mots inventés de 4 lettres.....	12
7.3	Mots réels communs de 4 lettres.....	12
7.4	Résultats pour chaque participant.....	14



# 1 INTRODUCTION

## 1.1 L'acuité visuelle dynamique

L'acuité visuelle est le pouvoir discriminant du système visuelle. C'est elle qui quantifie la capacité à distinguer un élément de son fond. L'acuité visuelle dynamique est cette même capacité lors d'un mouvement. En effet, au quotidien, notre vision reste nette bien que nous fassions des mouvements avec notre tête dans tous les sens. Ceci nous semble normal, mais on peut se demander comment notre corps est capable de réaliser cette performance. Nous verrons plus en détail que notre cerveau utilise les informations du système vestibulaire pour maintenir une vision nette quels que soient nos mouvements.

## 1.2 Pathologie

Certaines personnes présentent des pathologies au niveau du système vestibulaire. Celles-ci peuvent être de différentes natures. Durant ce projet nous allons nous intéresser à leur conséquence: elles diminuent l'acuité visuelle dynamique. Les personnes souffrant de ces pathologies sont alors gênées au quotidien, à chaque fois qu'elles sont en mouvement. En effet, leur cerveau n'est alors plus capable de garantir une vision nette.

Une équipe de médecins dirigée par le Professeur Guyot de l'Hôpital de Genève (HUG) s'intéresse particulièrement au traitement de ces personnes. Malheureusement, jusqu'à aujourd'hui il n'existe aucun moyen de quantifier l'acuité visuelle dynamique des patients.

## 1.3 Objectifs

Le but de ce projet est de créer une tâche qui permette de quantifier l'acuité visuelle dynamique. Grâce à cette tâche, il sera alors plus aisé de faire le diagnostic d'une personne ayant une défaillance d'acuité visuelle dynamique. De plus, elle permettra de pouvoir suivre un patient durant un traitement et quantifier son évolution.

Pour réaliser une telle tâche, il faut pouvoir comparer l'acuité visuelle statique au cas dynamique. Nous allons donc choisir une tâche, la réaliser dans un cas immobile puis en mouvement et finalement comparer les performances entre les deux cas. Nous allons par la suite tester l'expérience sur plusieurs participants sains, de manière à vérifier l'hypothèse que les performances de l'acuité visuelle dynamique sont très semblables au cas statique pour des personnes sans pathologie du système vestibulaire.

## 2 THÉORIE

### 2.1 Le système vestibulaire

Le cerveau est capable de reconnaître les mouvements absolus de la tête et du corps dans l'espace. Pour ce faire, les forces d'inertie sont détectées grâce au système vestibulaire. Ce dernier est composé des canaux semi-circulaires et des otolithes.

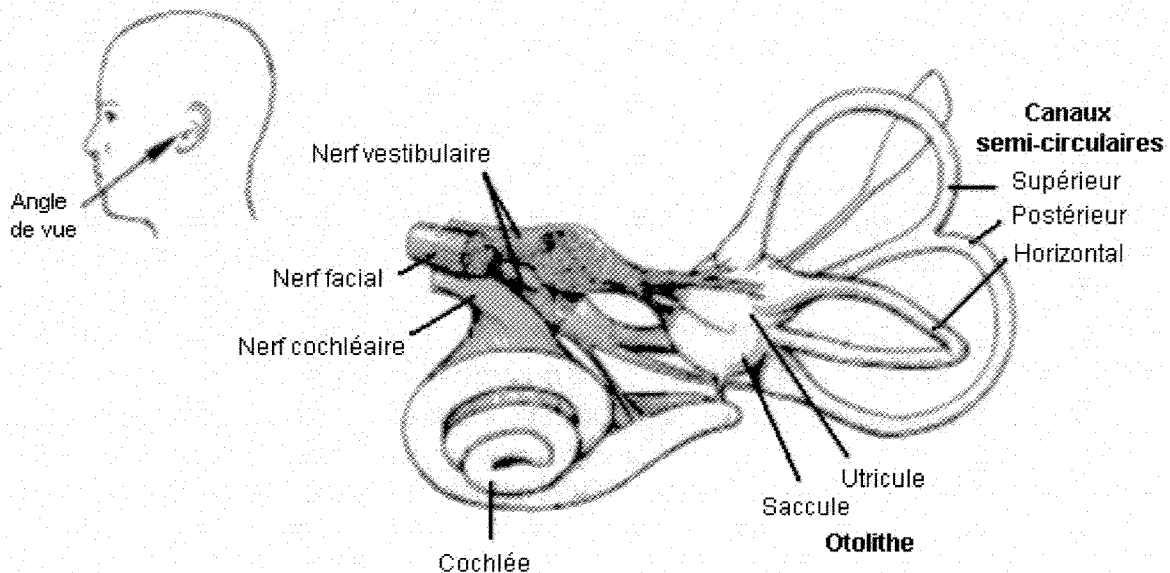


Figure 1: Système vestibulaire: les canaux semi-circulaires détectent les accélérations angulaires et les otolithes sont sensibles aux accélérations linéaires

Les canaux semi-circulaires, détectant les accélérations angulaires ou linéaires, sont constitués de trois cerceaux remplis d'un liquide visqueux. Lors des accélérations, les forces d'inertie maintiennent le liquide dans leur position alors que le canal bouge. Le liquide active alors de nouveaux récepteurs placés le long des canaux. Les trois canaux, supérieur, postérieur et horizontal, sont placés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre de manière à détecter les accélérations dans toutes les directions.

Les otolithes sont composés de deux cavités, l'utricule et le saccule. Leur rôle est de percevoir les inclinaisons de la tête ou les translations. Ils sont remplis de petits cristaux à la surface d'un liquide visqueux. Lors du mouvement, les petits cristaux sont déplacés, ce qui active les récepteurs liés au nerf vestibulaire. La gravité est utilisée comme point de référence.

La fonction principale du système vestibulaire est la stabilisation posturale. Mais ici nous nous intéressons à la deuxième fonction qui est la stabilisation perceptuelle. En effet, les réflexes vestibulaires permettent de stabiliser l'image de notre environnement sur la rétine. Ainsi le monde nous apparaît stable quand nous bougeons : le mouvement active les récepteurs des canaux semi-circulaires et/ou des otolithes. Grâce aux réflexes, l'information du mouvement dans une direction induit un mouvement des yeux dans la direction opposée, pour ainsi diminuer le décalage de l'image sur la rétine, dû au mouvement.

## 3 MÉTHODE

### 3.1 Choix de la tâche visuelle

Dès les débuts de l'ophtalmologie, les médecins ont proposé différents tests pour mesurer l'acuité visuelle. On retient notamment l'expérience de Landolt. En 1888, il proposa un optotype simple en forme d'un anneau ouvert. La tâche est de détecter dans quelle direction se trouve l'ouverture de l'anneau. Lors de l'expérience originale, l'ouverture correspondait à un angle d'une minute d'arc quand il était placé à 50 mètres. S'il fallait l'approcher à 5m pour que la personne perçoivent l'ouverture de l'anneau, la vision était de  $5:50=0,1$ . Si elle le voyait à 4 m la vision était de  $4:50$  soit 0,08. Il était conseillé de faire tourner l'anneau pour que son ouverture occupe des positions variables.

Cet exercice de base de l'analyse de l'acuité visuelle a l'avantage d'être simple à réaliser. Nous retenons donc cette tâche comme première partie de l'expérience. Dans notre expérience, l'image est présentée en différentes grandeurs pour déterminer celle qui correspond au seuil de détection.

Pour permettre une analyse fiable, nous proposons une deuxième tâche, choisie parmi les tâches quotidiennes. Les patients souffrant de problèmes d'acuité visuelle dynamique se plaignent habituellement de ne pas pouvoir lire les panneaux lorsqu'ils marchent. Nous nous sommes inspirés de ce fait pour créer une tâche de lecture. Là aussi, l'exercice est simple à réaliser : le participant lit un mot et détermine si ce mot existe ou est un mot inventé. La méthode est similaire à celle de la première tâche, donc la distance entre le mot et le participant est fixe mais la taille de l'écriture diminue pour augmenter la difficulté de la tâche.

### 3.2 Choix du mouvement

Les deux tâches doivent être exécutées une fois immobile, puis en mouvement afin d'analyser l'acuité visuelle dynamique. La difficulté créée par le mouvement est influencée par son amplitude et sa fréquence. Il faut donc que ces paramètres soient contrôlés. On peut imaginer différents types de mouvements :

- Un mouvement peut être engendré par le médecin, qui fait osciller la tête du participant. La difficulté est de produire un mouvement régulier. Un capteur de mouvement (accéléromètre, gyroscope, etc.) peut être utilisé pour analyser le mouvement subi.
- Une alternative est d'utiliser une machine induisant le mouvement. L'avantage est que le mouvement est régulier et connu. De cette manière, les performances peuvent être testées avec des mouvements de différentes amplitudes ou fréquences pour observer l'influence du paramètre modifié. L'inconvénient est qu'il faut mettre en place un système qui ne présente aucun danger pour le participant et qui ne le dérange pas.
- Un mouvement tel que la marche sur un tapis roulant a l'avantage de ne présenter aucun danger et d'être naturel pour le participant. Par contre, le mouvement n'est pas contrôlé. Celui-ci peut être connu exactement grâce à un capteur de position utilisé simultanément.

Pour des raisons de matériel et de temps, notre choix se porte sur la marche induite par un tapis roulant. Le contrôle du mouvement se fait par la vitesse programmée du tapis. Dans la prochaine version de l'expérience il est prévu d'ajouter un capteur de mouvement pour connaître ce dernier.

## 4 PLAN EXPÉRIMENTAL

### 4.1 L'anneau de Landolt

La tâche de l'anneau de Landolt consiste à présenter l'anneau avec l'ouverture à différentes positions. L'ouverture sera limitée à quatre positions : à gauche, en bas, à droite et en haut. La figure ci-dessous illustre la géométrie de l'anneau, avec une taille variant selon l'ouverture de grandeur  $e$ .

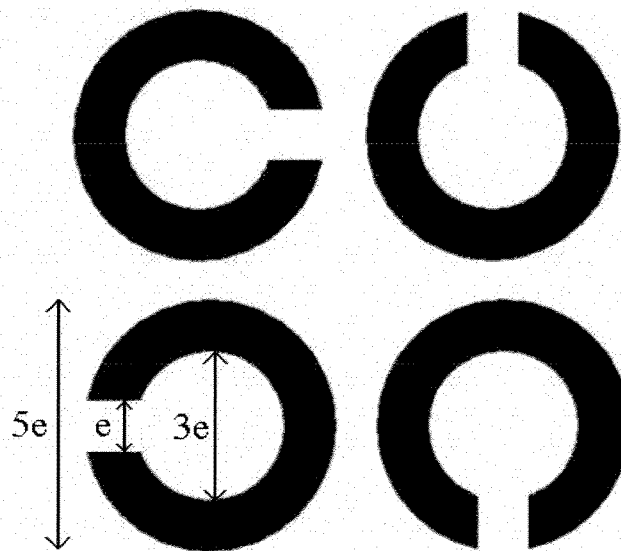


Figure 2: Géométrie des quatre différents optotypes de l'anneau de Landolt, avec une taille variable selon la grandeur  $e$

L'expérience est réalisée selon les spécifications suivantes :

Variable indépendante	Taille de l'anneau selon la grandeur $e$ : De 20 et 1 pixel Position de la brisure : Haut / Bas / Gauche / Droite Situation : Statique / Dynamique
Variables contrôlées	Temps d'exposition : 50 millisecondes Distance d'observation : 1 mètre
Variables dépendantes	Nombres de réponses correctes Temps de réponse

La difficulté de la tâche sera contrôlée par un algorithme adaptatif. C'est-à-dire que si le participant répond en moyenne juste, la difficulté augmente (donc la taille de l'anneau diminue) et inversement. Ceci permet d'obtenir des informations dans la zone où la tâche n'est ni trop facile, ni trop difficile pour le patient.

Le mouvement sera induit par une marche soutenue contrôlée par le tapis roulant. Dans le cas statique, le participant sera debout sur le tapis de marche pour que les conditions soient les plus comparables.

La tâche sera présentée 70 fois à la suite de manière à avoir suffisamment d'informations pour déterminer le seuil de détection. Nous alternerons les participants commençant avec l'expérience en statique ou en mouvement pour éviter l'effet d'apprentissage d'une tâche à l'autre.



## 4.2 Exercice de lecture

La tâche de lecture consiste à déterminer si le mot présenté existe ou est un mot inventé. Les mots sont tirés aléatoirement de listes préparées. Pour contrôler la difficulté de la tâche, tous les mots existants sont des mots courants de quatre lettres. Les mots inventés seront eux aussi composés de quatre lettres. Voici un extrait des mots proposés ci-dessous.

Mots réels:	Mots inventés:
abri	rufo
bois	asou
flou	jume
main	renf
poli	quib

Figure 3: Exemple de mots de 4 lettres tirés des listes

L'expérience est réalisée selon les spécifications suivantes :

Variable indépendante	Taille de la police d'écriture : De 40 à 1 pixel Situation : Statique / Dynamique
Variables contrôlées	Temps d'exposition : 300 millisecondes Distance d'observation : 1 mètre Contrôle de la difficulté et de la longueur des mots : quatre lettres Langue française maîtrisée par le participant
Variables dépendantes	Nombres de réponses correctes Temps de réponse

Là aussi l'algorithme adaptatif pour contrôler la difficulté de la tâche. Le cas statique et dynamique seront les mêmes que ceux de la tâche de Landolt. Le nombre d'essai sera aussi de 70 pour avoir suffisamment d'informations.

## 4.3 Acquisition des données

Un ordinateur est utilisé pour présenter les images des tâches. Il permettra aussi d'enregistrer les réponses du participant, ainsi que son temps de réponse. Le participant donne sa réponse en appuyant sur le bouton du clavier associé à celle-ci. Un aspect à améliorer serait d'ajouter une manette avec quatre boutons pour répondre. Ceci donnerait plus de liberté au patient qui n'aurait plus besoin de garder sa main sur le clavier.

Un programme Java a été réalisé. Celui-ci présente aléatoirement les anneaux de Landolt, puis les mots. Il enregistre la réponse du participant, puis gère l'algorithme adaptatif qui règle la grandeur des stimuli présentés en fonction des performances du participant. À la fin de l'expérience, le programme sauve un fichier pour les quatre cas d'expériences. Ceci donne la possibilité d'analyser par la suite les réponses et le temps de réponse. (Voir le programme sur le CD en annexe).

## 5 RESULTATS

Nous avons fait passer l'expérience à plusieurs participants ne présentant aucune pathologie de système vestibulaire. Les données sont fournies par les performances associées au pourcentage de réponses correctes en fonction de la difficulté représentée par la taille de l'anneau ou du mot. Nous cherchons ensuite le seuil de détection pour chaque cas en cherchant le degré de difficulté qui correspond à une performance de 75 %. Ce pourcentage de réussite correspond au moment où le participant commence à avoir des difficultés à répondre correctement la tâche, mais reste toutefois supérieures au pourcentage de réussite dû au hasard. Matlab nous permet de faire facilement cette analyse (voir le fichier Matlab sur le CD en annexe). Voici un exemple des résultats d'un des participants pour la tâche de Landolt en cas statique :

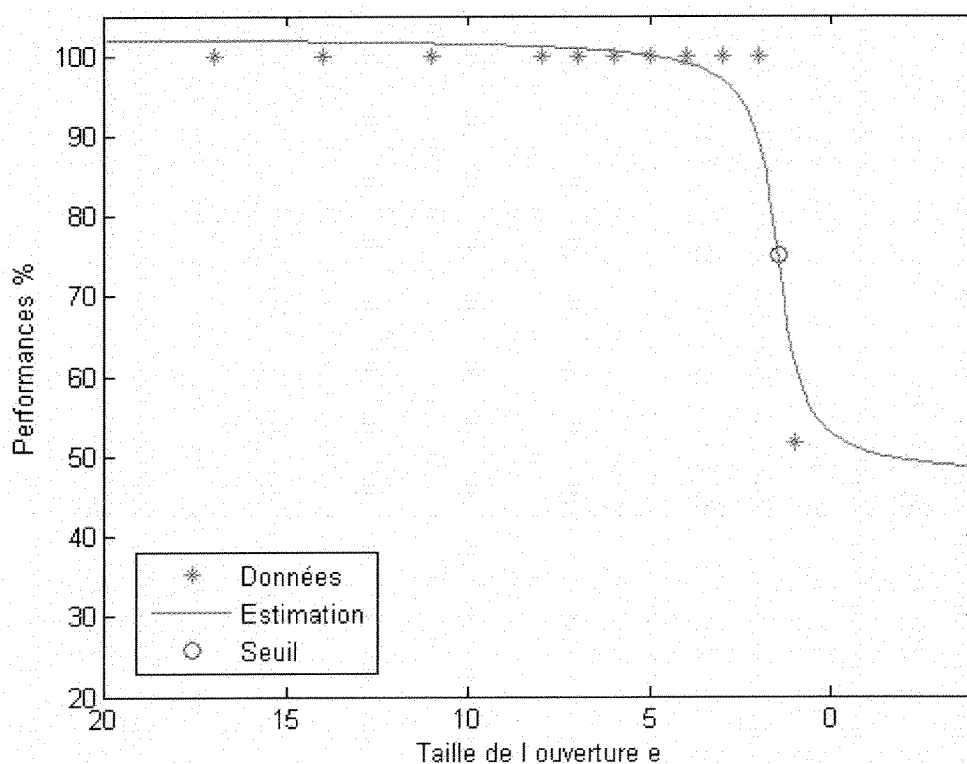


Figure 4: Résultats pour l'expérience de Landolt en statique. Le seuil de détection correspond ici à une difficulté de 1.47.

Le programme Matlab permet de trouver la meilleure courbe d'estimation correspondant aux données enregistrées. La courbe d'estimation est contrainte à une courbe en S. Elle correspond à des performances hautes lorsque la taille est grande, puis, à la taille correspondant au seuil de détection, les performances décroissent rapidement car le participant n'est plus capable de répondre correctement. La courbe reste ensuite à une performance d'environ 50 % due au hasard. Ci-après se trouve les résultats pour les trois tâches suivantes réalisées par le même participant.

Voici le cas en mouvement pour la tâche de Landolt :

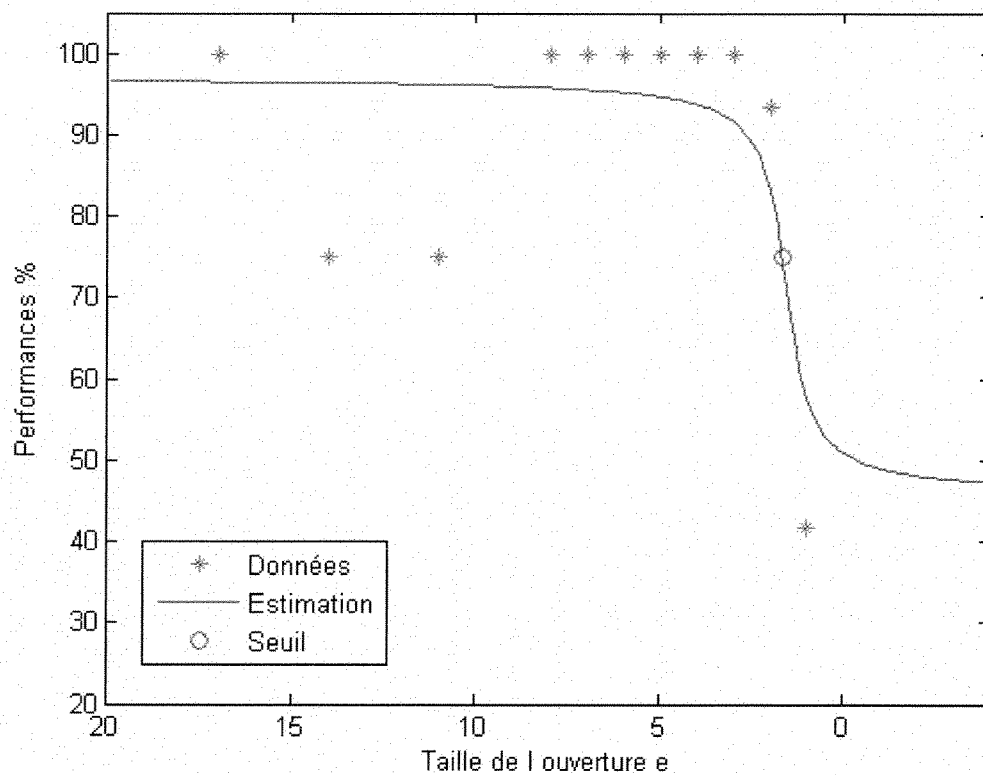


Figure 5: Résultats pour l'expérience de Landolt en dynamique. Le seuil de détection correspond ici à une difficulté de 1.67.

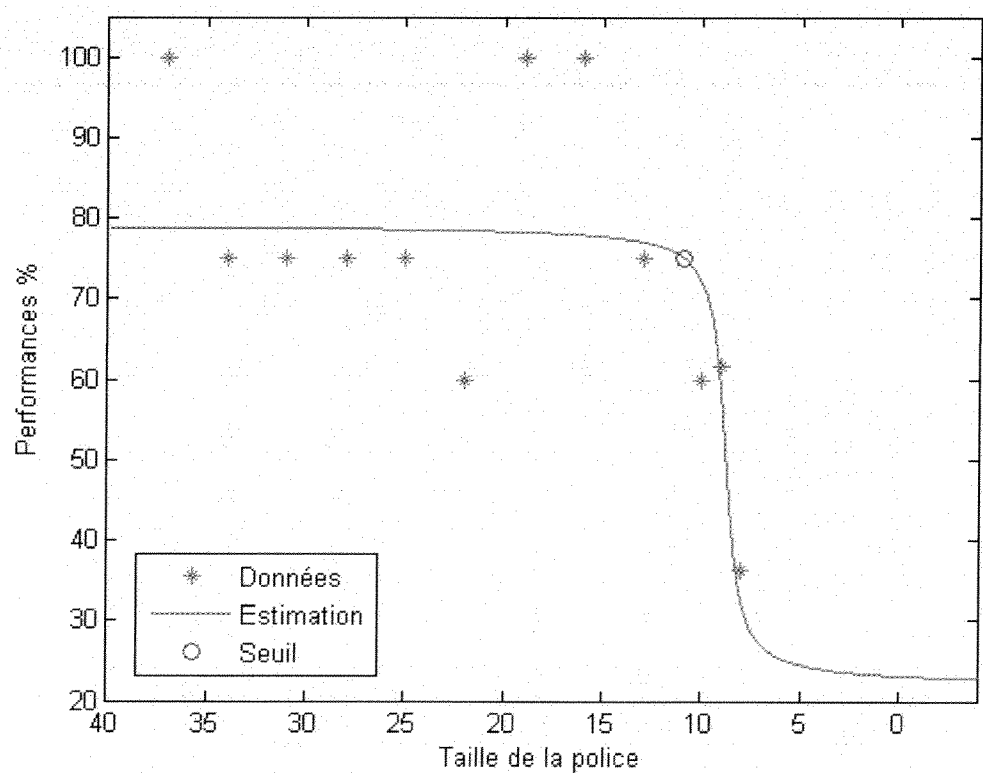


Figure 6: Résultats pour l'expérience des mots en statique. Le seuil de détection correspond ici à une difficulté de 10.91.

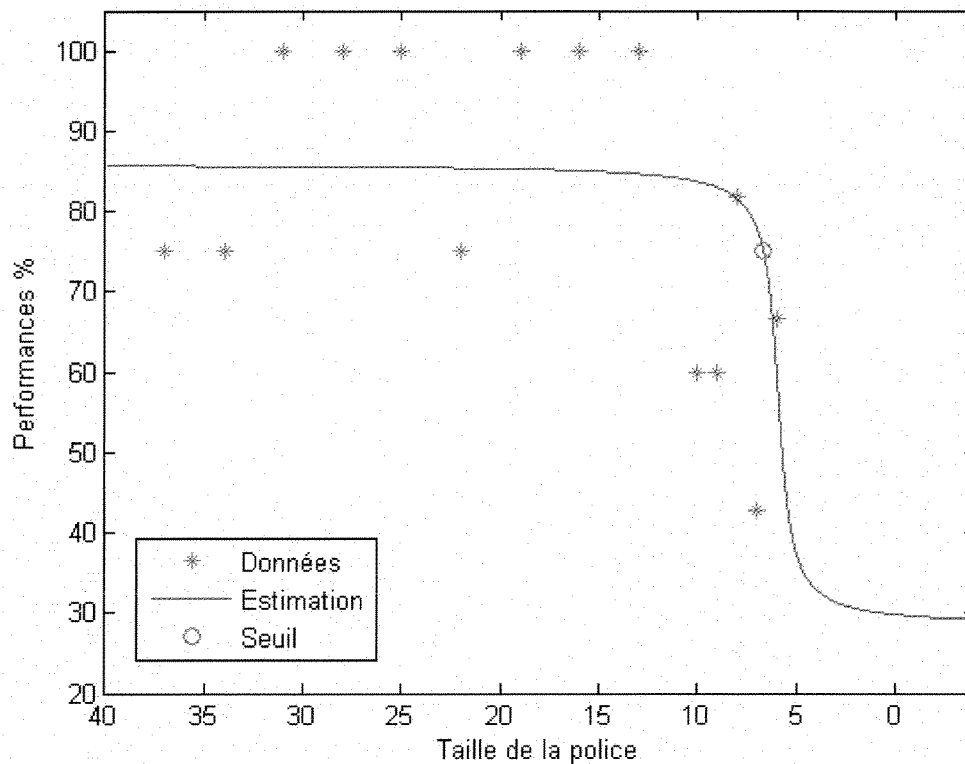


Figure 7: Résultats pour l'expérience des mots en statique. Le seuil de détection correspond ici à une difficulté de 6.67.

On remarque que les performances varient très peu entre le cas statique et dynamique, quelle que soit la tâche. D'ailleurs, pour ce participant, les performances sont meilleures lors de la lecture des mots en dynamique qu'en statique. Ce participant ayant d'abord réalisé la tâche en statique, ceci peut être dû au phénomène d'apprentissage entre les deux cas. Il est donc plus intéressant d'observer la moyenne des performances, présentée ci-dessous.

Voici le détail des valeurs des seuils de détection pour chaque participant, permettant d'obtenir la moyenne des seuils :

	Landolt Statique	Landolt Dynamique	Mot Statique	Mot Dynamique
Participant 1	1.47	1.67	10.91	6.67
Participant 2	1.64	1.73	3.58	13.22
Participant 3	1.89	1.94	12.62	16.29
Participant 4	1.74	1.81	7.27	10.99
Participant 5	1.91	1.96	10.55	10.79
Participant 6	1.60	1.30	8.20	8.60
Participant 7	1.47	1.06	7.21	8.67
<b>Moyenne</b>	<b>1.6743</b>	<b>1.6386</b>	<b>8.6200</b>	<b>10.7471</b>
<b>Écart type</b>	<b>0.1810</b>	<b>0.3372</b>	<b>3.0099</b>	<b>3.2261</b>

Figure 8: Tableau des seuils de détection pour chaque participant, ainsi que la moyenne et l'écart type prenant compte tous les résultats.

## 6 DISCUSSION

### 6.1 Interprétation des résultats

Les résultats statistiques présentés dans le paragraphe précédent sont représentés sous forme graphique :

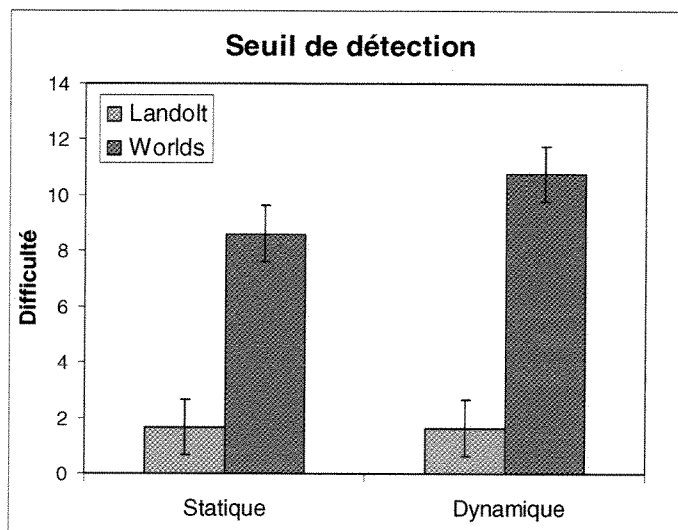


Figure 9: Moyenne des expériences réalisée par tous les participants avec écart type du seuil de détection pour les quatre cas d'expérience.

Le graphique permet de confirmer que le seuil du cas dynamique n'est que légèrement supérieur à celui du cas statique, pour les deux tâches. L'acuité visuelle dynamique des personnes sans pathologie du système vestibulaire est donc tout à fait comparable à l'acuité visuelle statique, quoique légèrement inférieure. L'hypothèse émise sur les participants sains est donc confirmée.

L'écart type reste respectable ; on conclut donc que les résultats sont plus ou moins constants et permettent une interprétation significative de l'acuité visuelle.

Par ailleurs, les performances sont en général moins bonnes pour la tâche de lecture. Cette tâche est donc plus difficile que celle de Landolt. Ceci présente l'avantage d'avoir deux seuils différents pour comparer le cas statique au cas dynamique.

### 6.2 Conclusion

Il a été montré que l'expérience créée est réalisable. De plus, l'hypothèse d'une acuité visuelle dynamique comparable à l'acuité visuelle statique est vérifiée pour les personnes sans problème du système vestibulaire.

La suite du projet est de réaliser cette même expérience sur des participants ayant une pathologie du système vestibulaire. Ceci permettra alors de confirmer la validité de l'expérience pour quantifier l'acuité visuelle dynamique. Cette partie est donc très importante car elle permettra, si les résultats sont positifs, d'utiliser l'expérience pour suivre et quantifier l'évolution des patients avec une pathologie du système vestibulaire.

## Remerciements

Nous remercions Professeur Mast et son assistante Laura Bamert pour leur aide durant ce projet. De plus, nous remercions Professeur Guyot et son équipe de l'HUG pour leurs conseils sur le choix de l'expérience.

Nous remercions aussi tous les personnes qui ont participé à notre expérience et ont contribué aux bons résultats de notre projet. Sans oublier Professeur Aminian et le LMAM (Laboratory of Movement Analysis and Measurement) de l'EPFL pour avoir mis à notre disposition leur tapis roulant.

## 7 ANNEXES

### 7.1 Bibliographie

- Alain Berthoz, **The brain's sense of movement**, Harvard University Press, London, England, 2000, pp. 25 – 56
- Brian T. Peters and Jacob J. Bloomberg, **Dynamic visual acuity using “far” and “near” targets**, Taylor & Francis Group, Acta Oto-Laryngologica, 2005, pp. 353-357
- Internet: [www.snof.org/vue](http://www.snof.org/vue)

### 7.2 Mots inventés de 4 lettres

bido	sadu	reau	lifu	long
kage	quou	paif	asou	slou
gifa	lera	goir	onra	beme
rouc	fali	maut	bomo	trer
faup	moir	slou	prau	lube
jodi	ouri	dier	renf	gero
lefi	pafo	kifa	dron	fenl
mice	cipi	foul	loux	onbe
domo	lade	tosi	cenl	cafo
voud	chel	rufo	gual	mipo
enna	vada	nobu	piru	voud
quom	rach	byri	epen	ouge
vopo	pera	jume	endi	icou
tidi	drou	chom	buqu	nese
soil	dace	deru	bonf	dian
caub	bari	vouv	fyen	send
nour	ladi	quib	hufa	

### 7.3 Mots réels communs de 4 lettres

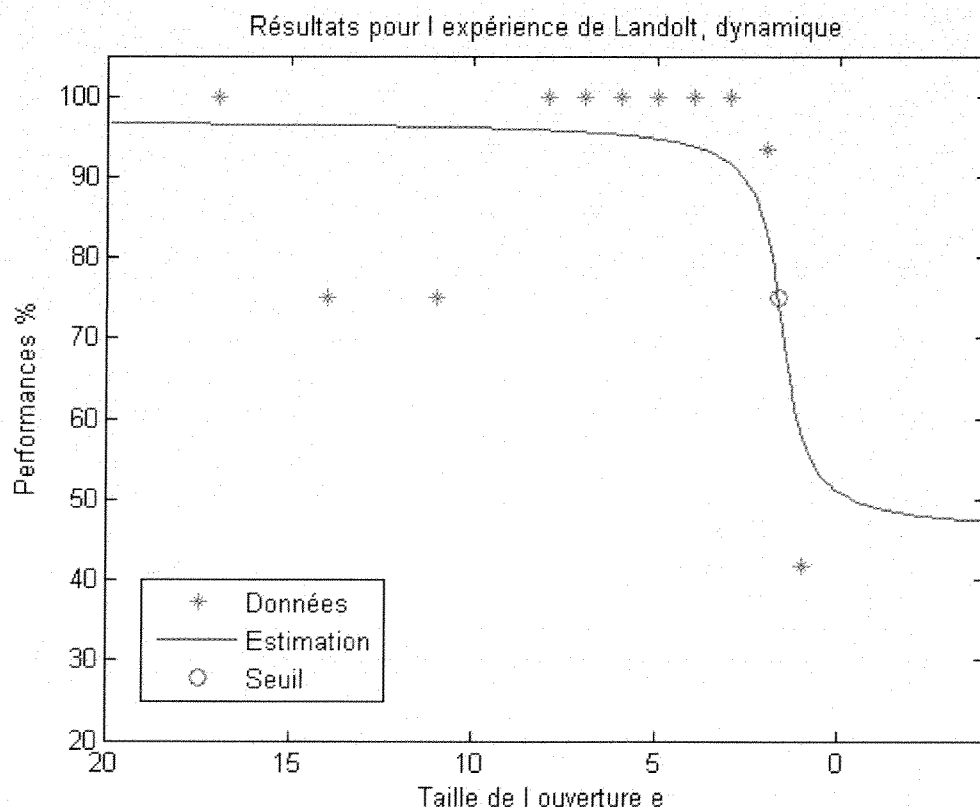
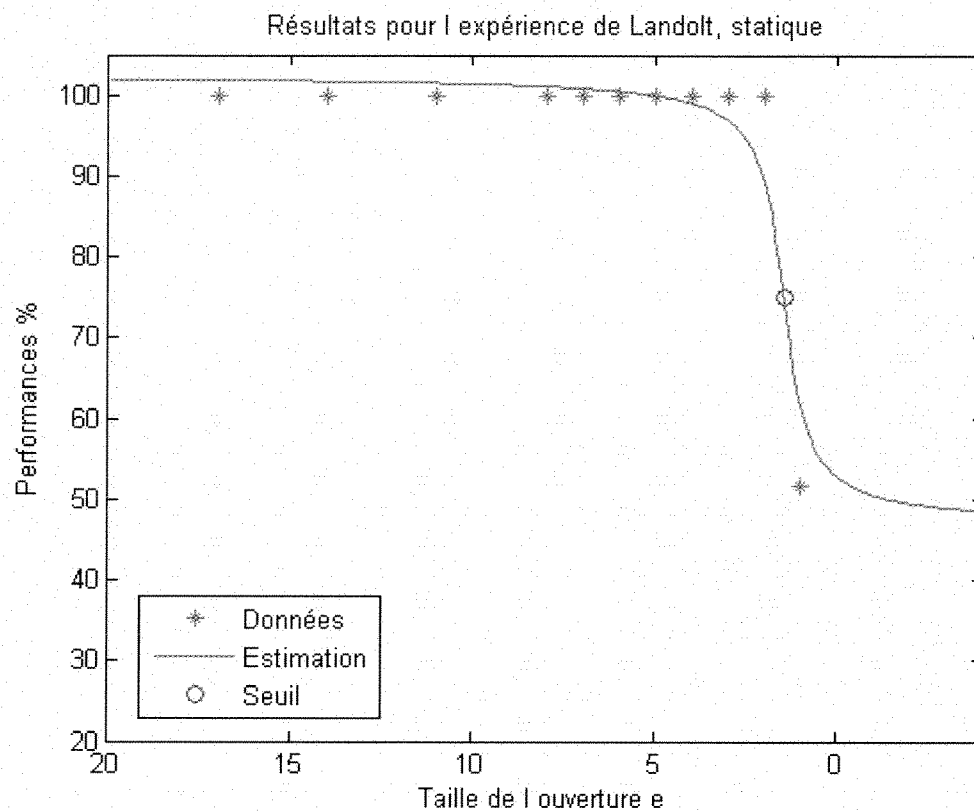
abri	avec	bord	cela	code
acte	aveu	bouc	cent	coin
afin	avis	boue	cerf	coma
agir	azur	bout	ceux	cône
aide	baie	boxe	char	cote
aigu	bail	bras	chat	coup
aile	bain	bref	chef	cour
aîné	banc	brin	cher	coût
aisé	base	bris	chez	crin
amer	bave	brun	chic	croc
amie	beau	café	choc	cube
ange	bébé	cage	chou	cuir
anse	bête	camp	ciel	cure
août	bien	cane	cime	curé
apte	bise	cape	cinq	daim
ardu	bleu	case	cire	dame
arme	bloc	cave	clef	dans
aube	bois	ceci	clou	date

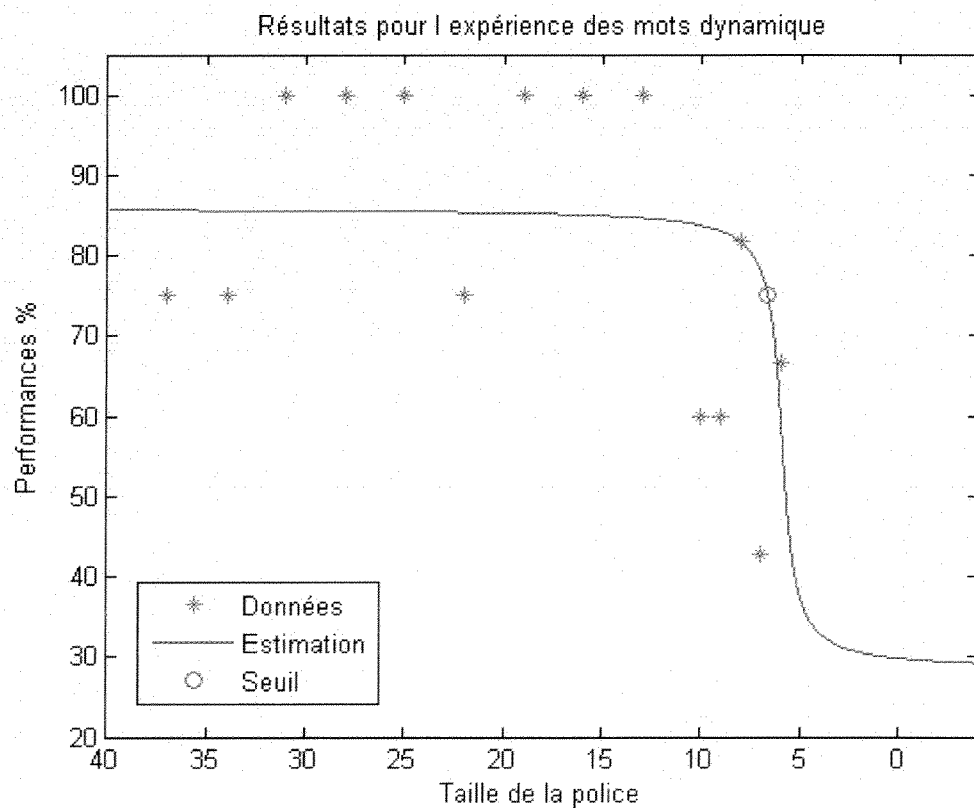
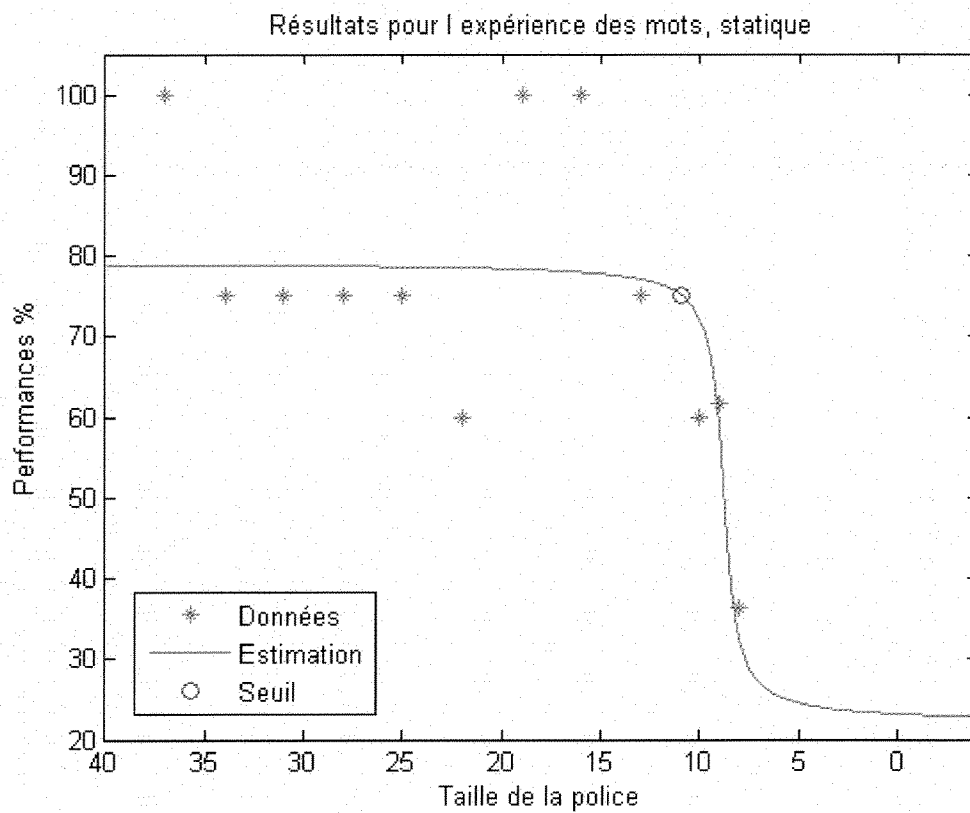
déçu	gros	mule	pour	suer
défi	grue	mûre	prêt	suie
déjà	haie	muse	pris	tact
demi	haïr	nage	prix	tant
dent	haut	naïf	puce	tard
deux	hier	nain	puer	taux
dire	hôte	nerf	puis	taxe
donc	huit	neuf	puma	taxi
doré	idée	noce	quai	test
dose	îlot	noir	quel	tête
doué	iris	noix	quoi	têtu
doux	issu	nord	race	thon
drap	ivre	note	rage	tien
dune	jars	nous	rail	tige
dure	joie	noyé	rame	tire
écho	joli	nuît	rang	tôle
échu	joue	oeil	râpe	tour
égal	jour	oeuf	rare	tout
élan	juge	ogre	rasé	toux
elle	juif	onde	raté	trac
épée	juin	onze	ravi	tram
état	jupe	oral	reçu	très
être	laid	oser	réel	trié
étui	lait	ôter	rêne	trio
exil	lama	ours	rêve	trop
face	lame	page	ride	trot
faim	lard	pain	rien	trou
fait	lent	pair	rime	truc
fard	leur	paix	rire	tube
faux	lien	pâle	rive	tuer
fête	lier	papa	robe	turc
fier	lieu	parc	rôle	unir
film	lime	pari	rond	urne
fil	lion	part	rose	user
fini	lire	paru	rôti	vain
fixe	loin	pâte	roue	vase
flot	long	pavé	roux	veau
flou	loup	pays	rude	vélo
flux	luge	peau	ruse	vent
foie	lune	père	sage	vers
foin	lux	peur	sain	vert
fois	mage	pied	sale	veuf
fond	main	pieu	sang	vide
fort	mais	pile	sans	viol
four	mâle	pion	sauf	visa
fuir	mari	pipe	saut	vite
futé	même	pire	scie	vive
gain	menu	plan	seau	voeu
gant	mère	plat	sept	voie
gare	midi	plie	seul	voir
gelé	miel	plus	site	voix
gêne	mien	pneu	snob	vote
gens	mine	poil	soie	vous
gîte	mise	pôle	soif	vrai
goût	mode	poli	soin	yeux
gras	mois	pont	soir	yoga
grec	mont	porc	sort	zébu
gril	mort	port	sous	zéro
gris	muet	posé	stop	zone



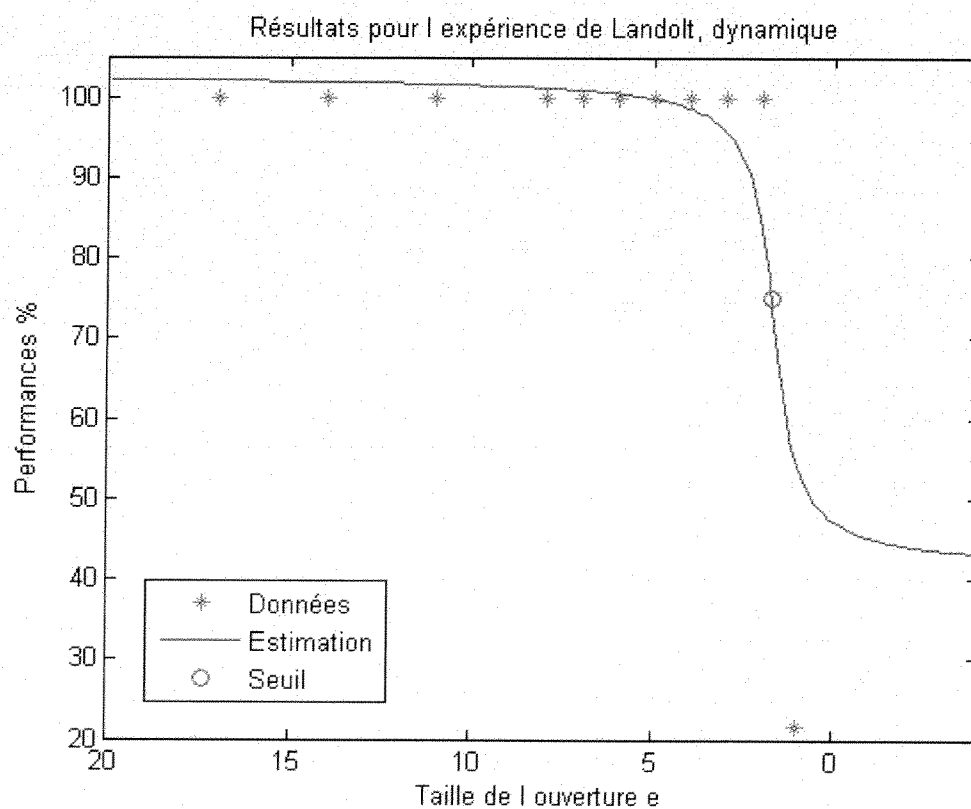
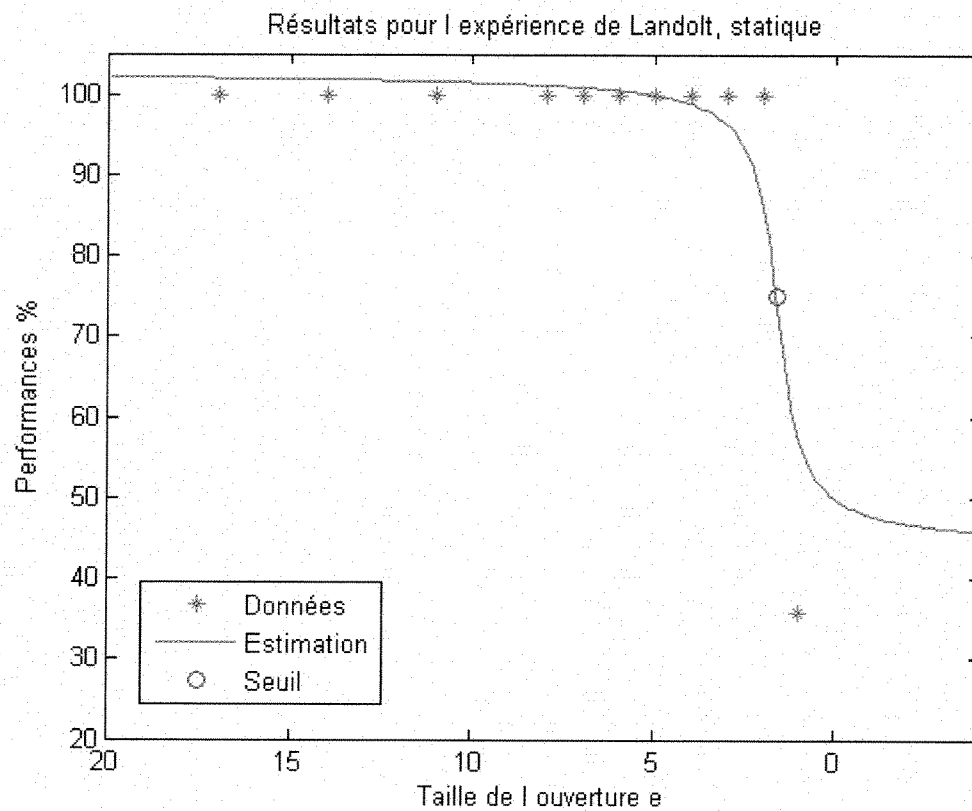
## 7.4 Résultats pour chaque participant

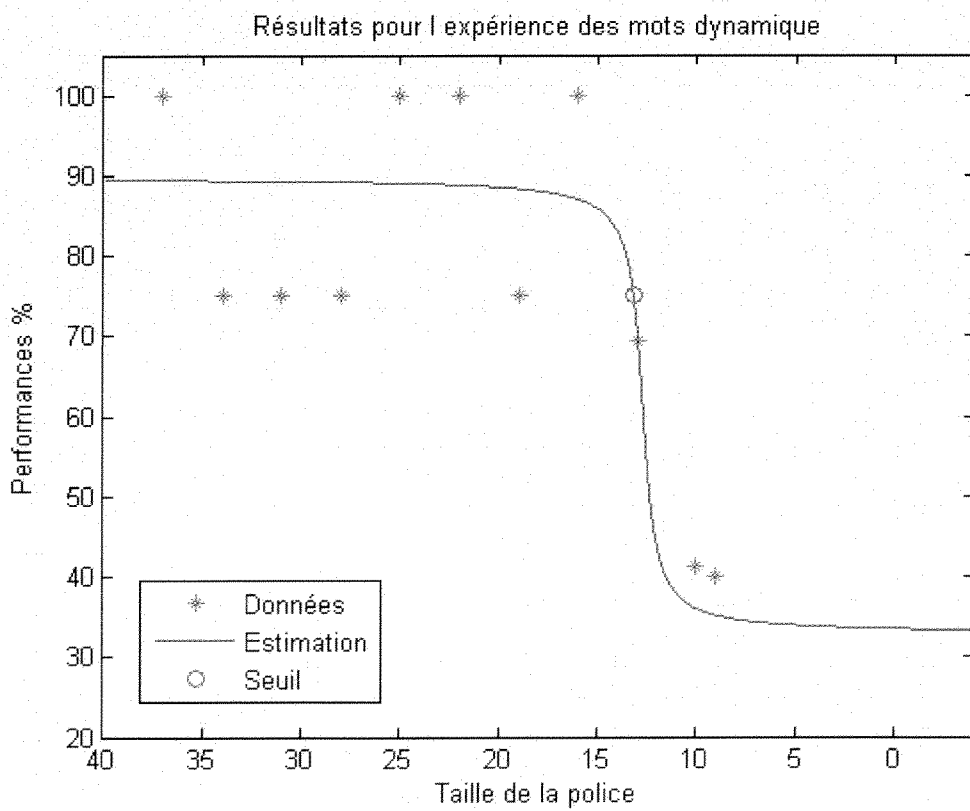
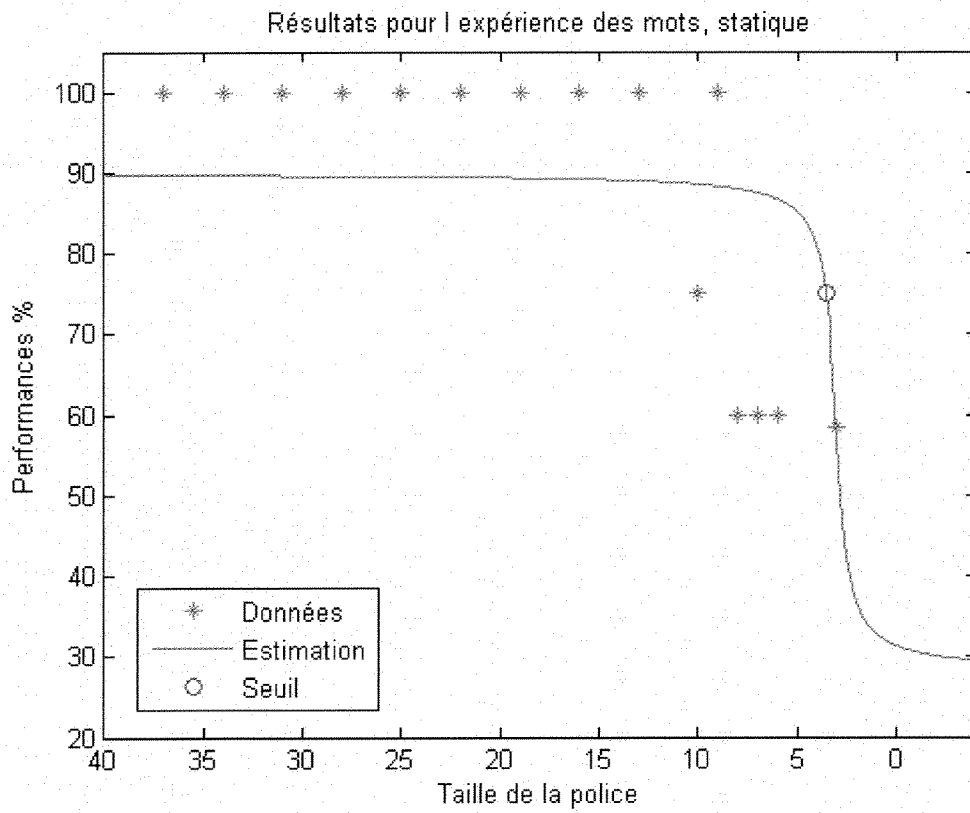
### Participant 1



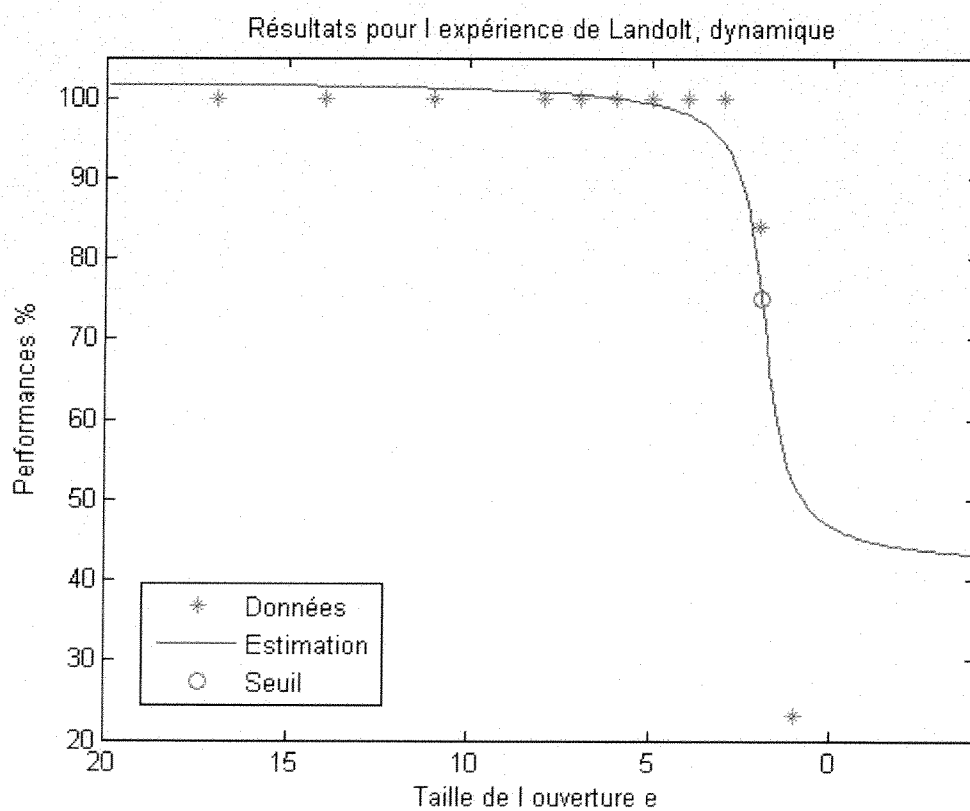
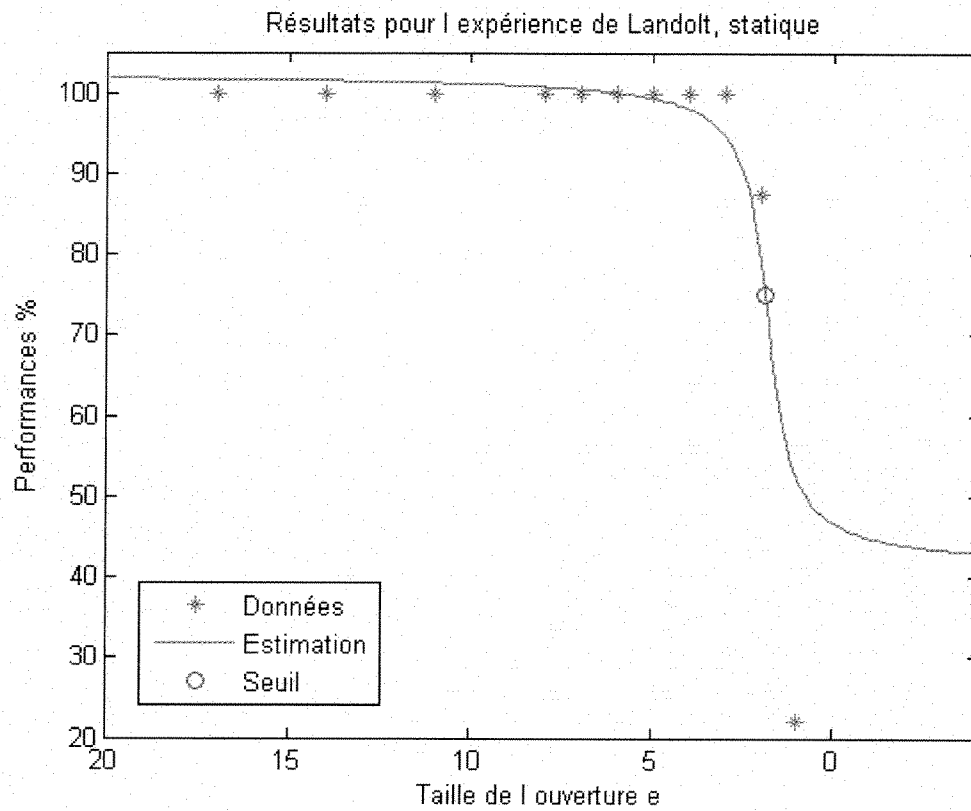


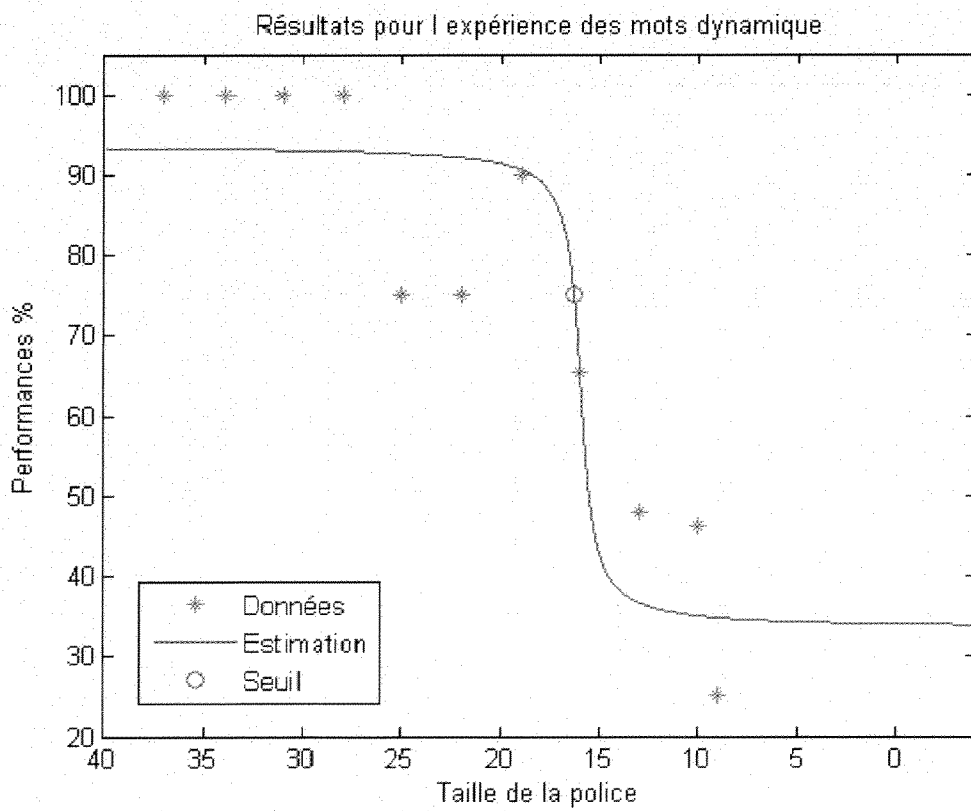
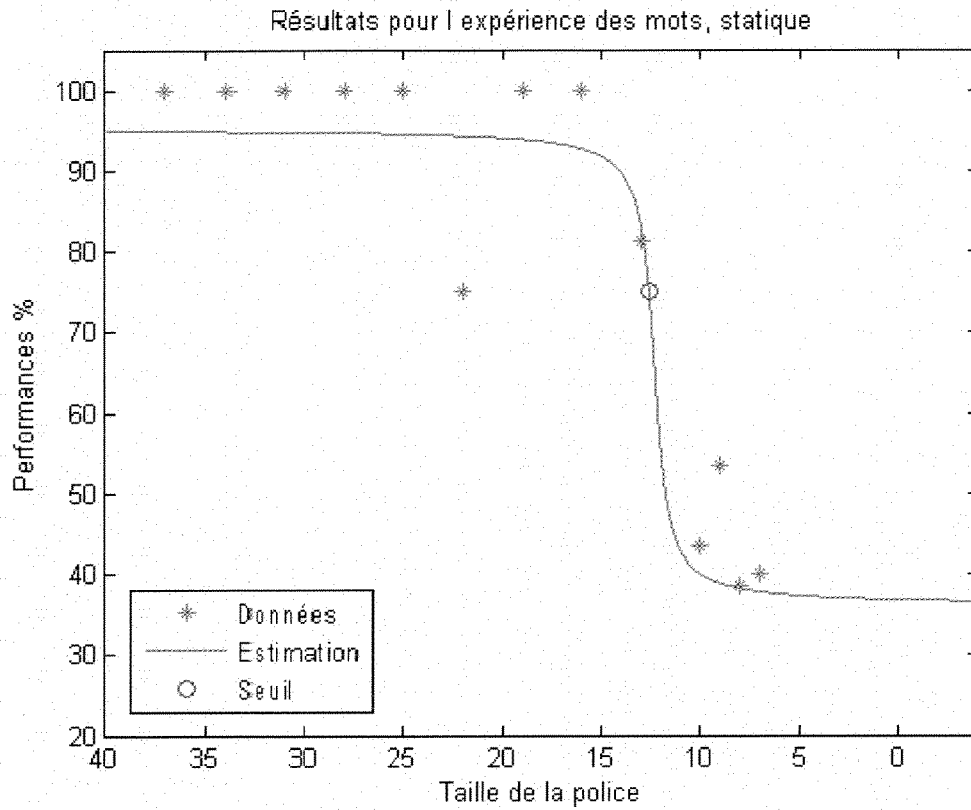
## Participant 2



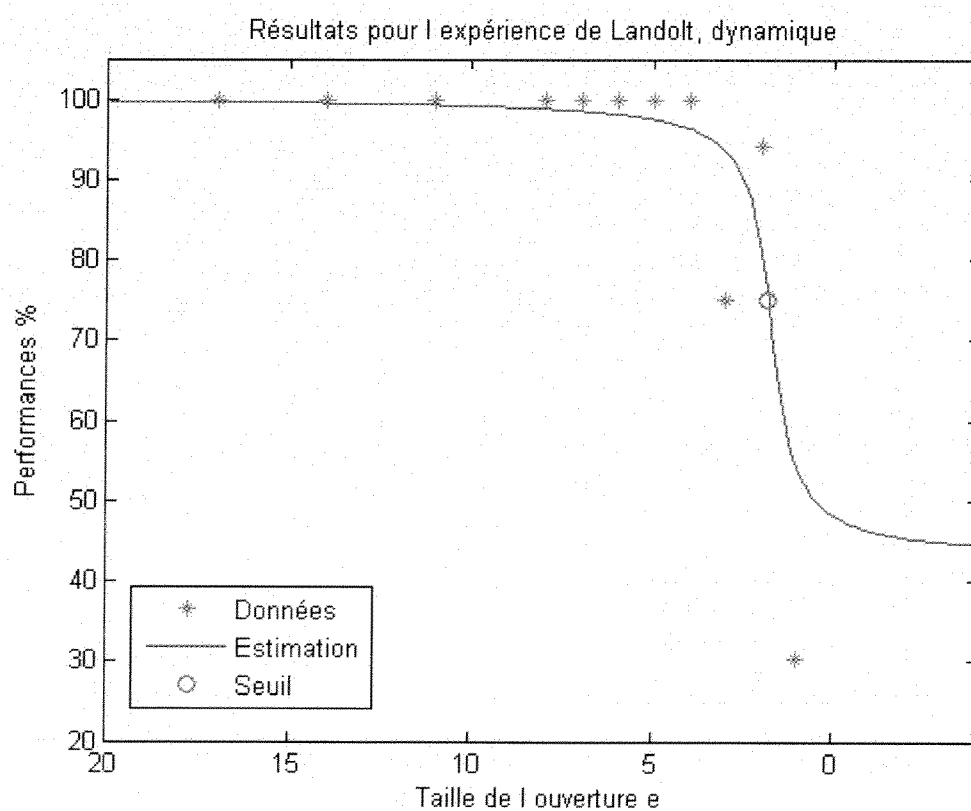
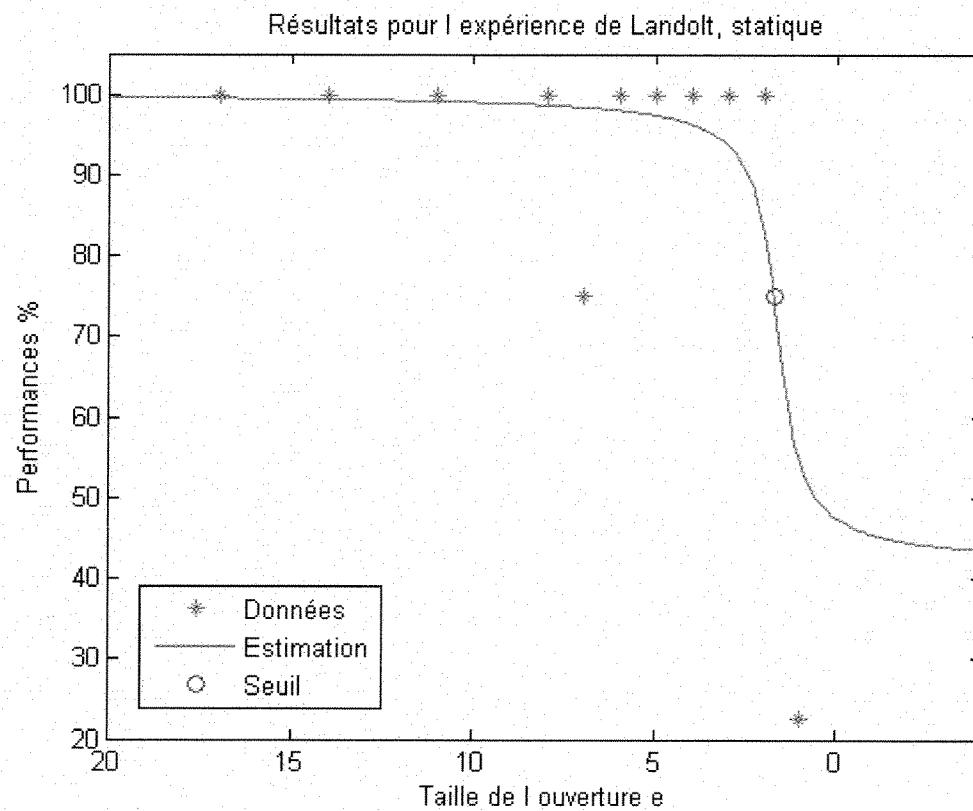


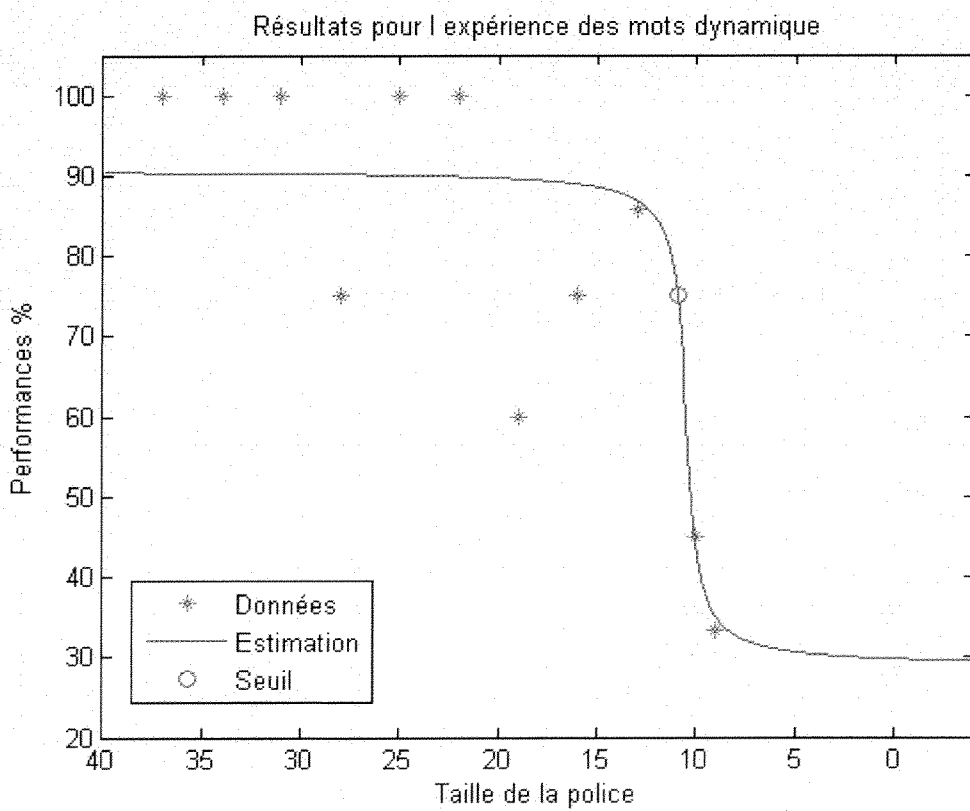
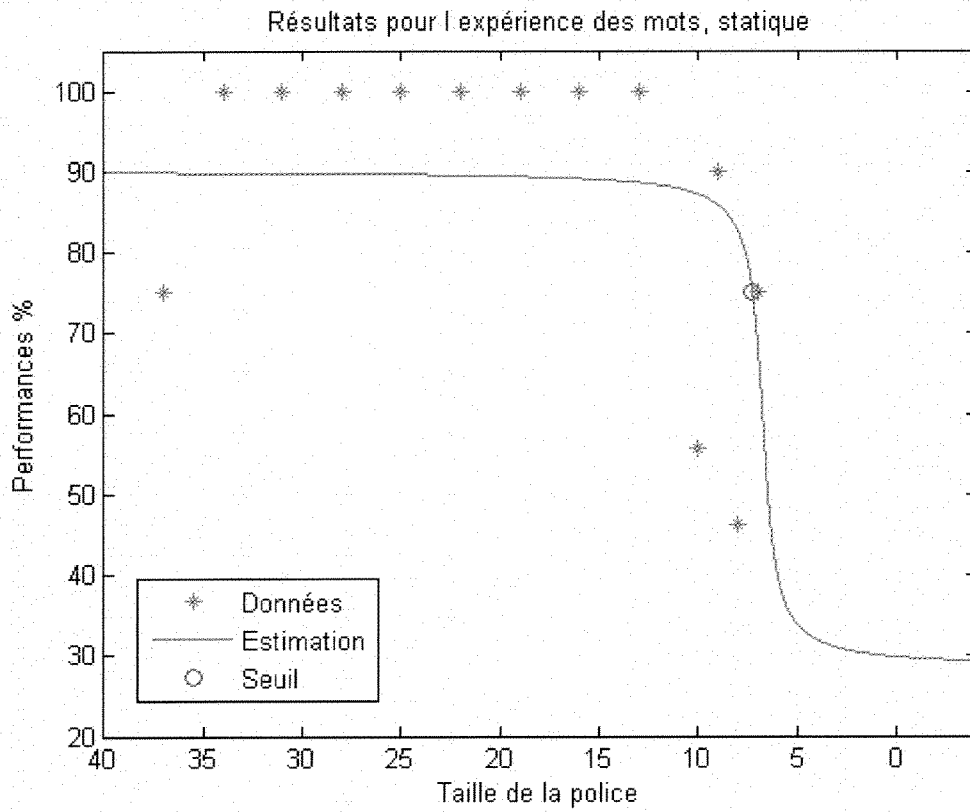
### Participant 3





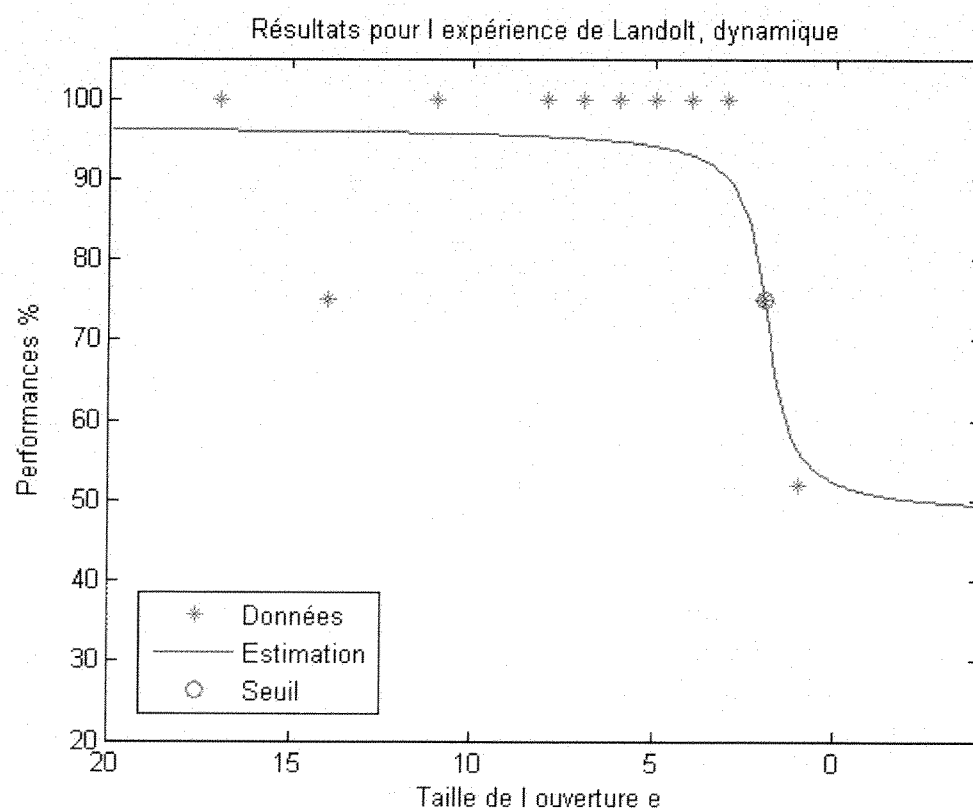
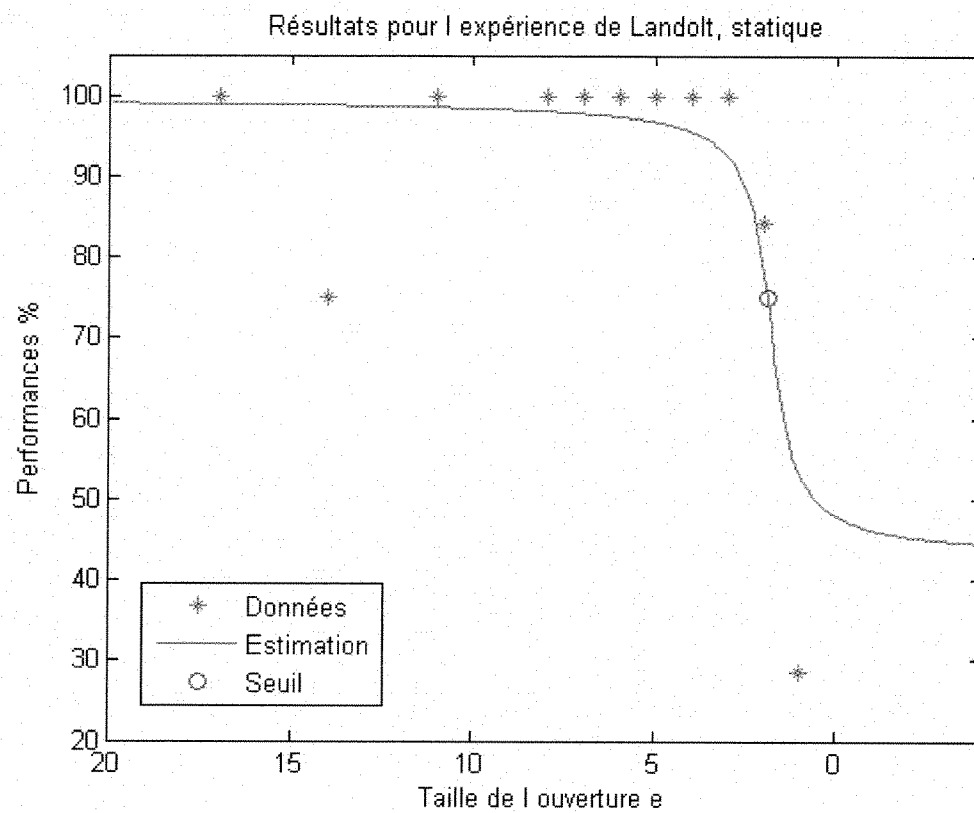
### Participant 4

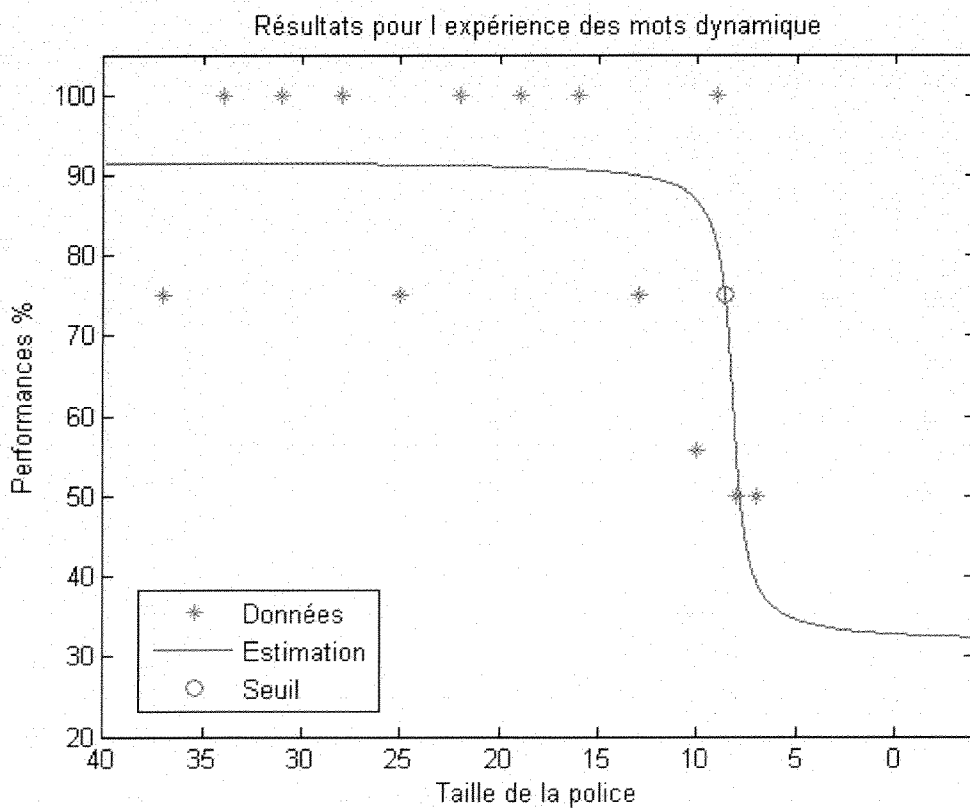
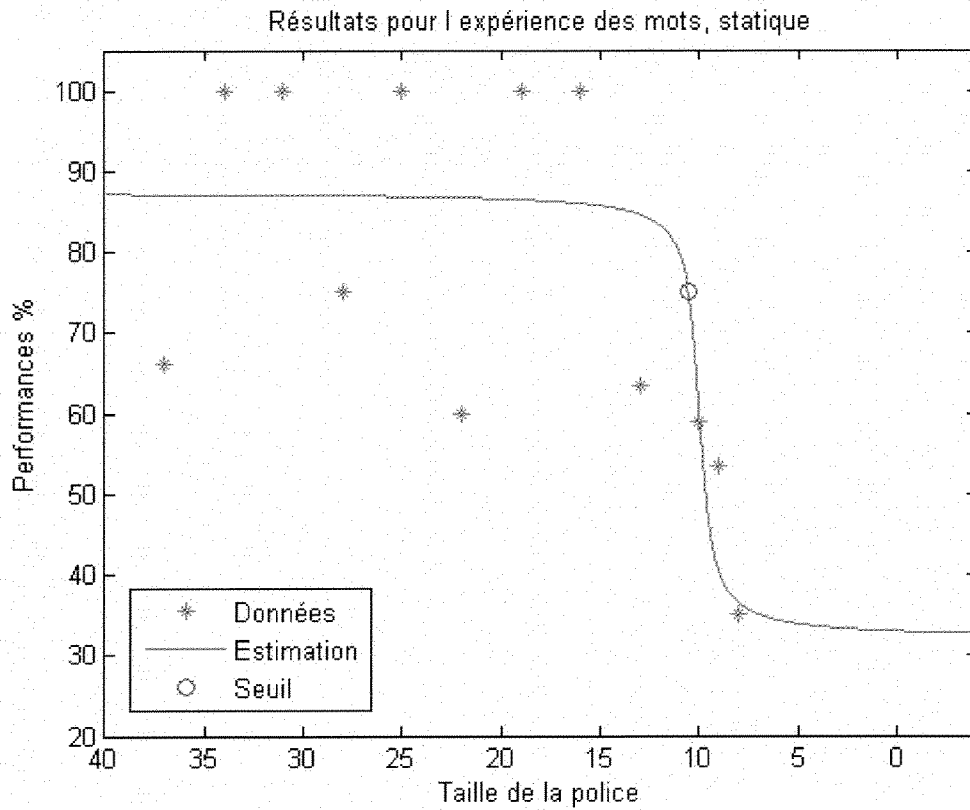




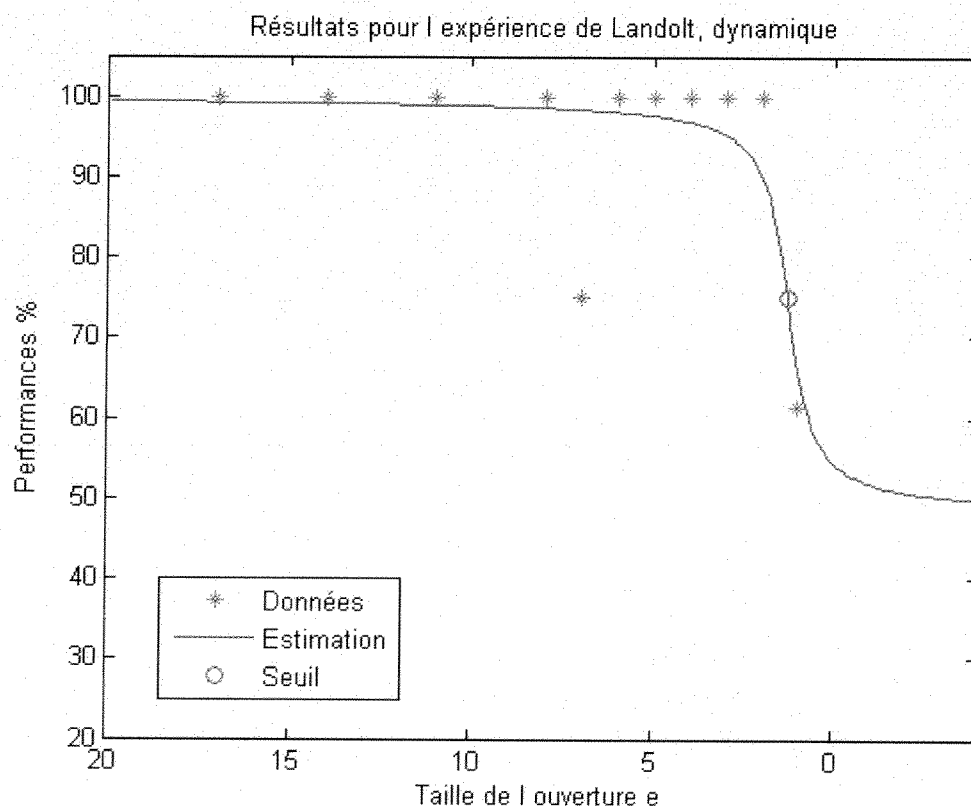
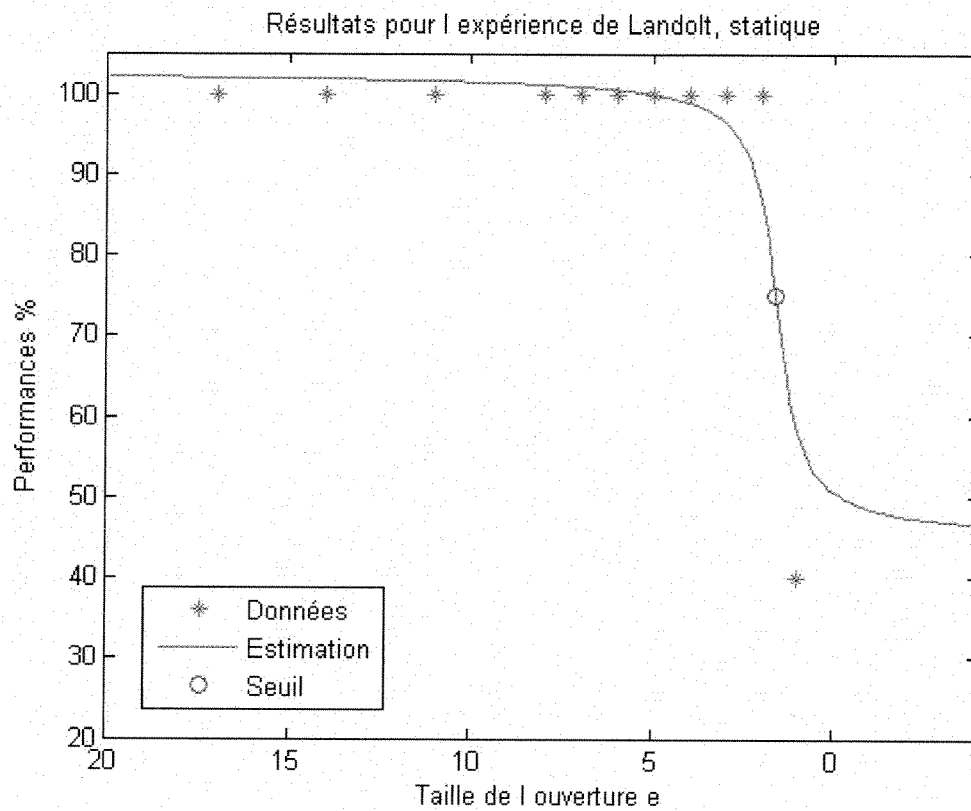


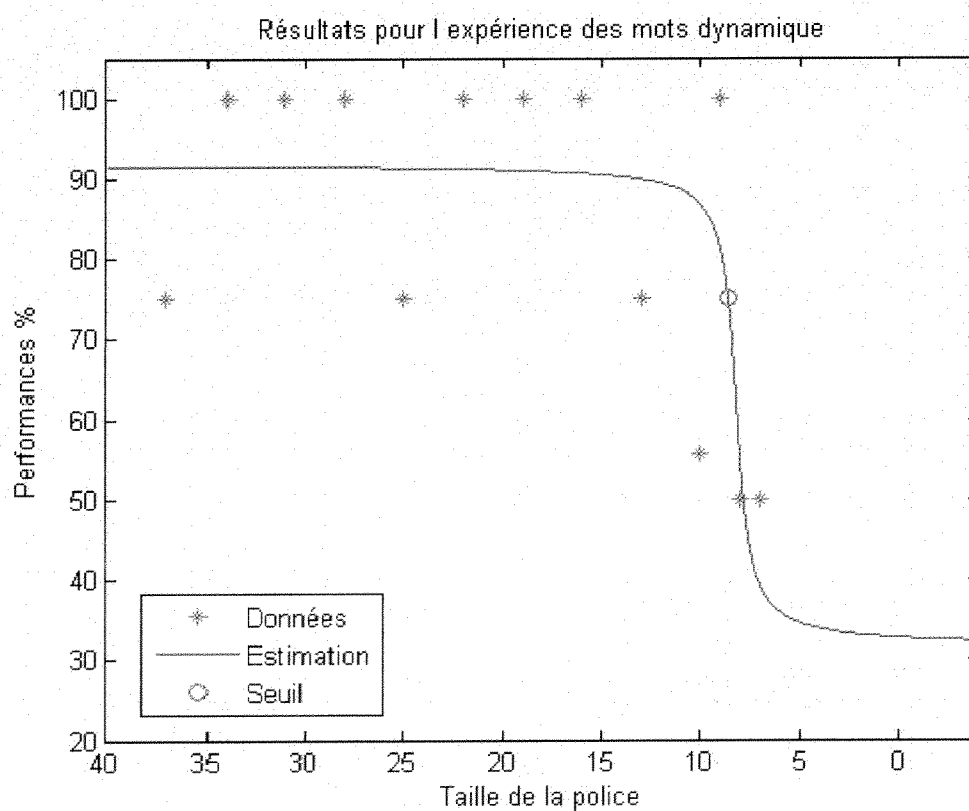
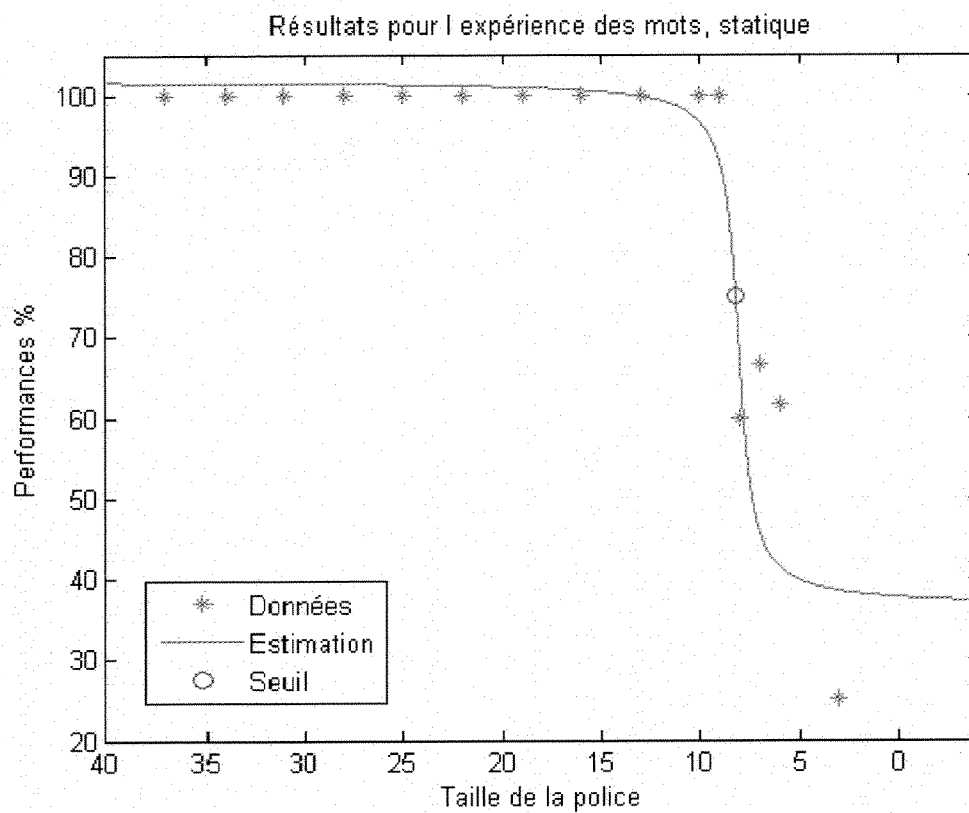
## Participant 5





Participant 6





## Participant 7

