

CONCRETISER ARCHITECTURER SIMULER REALISER  
CONCEVOIR MODELISER  
IMAGINER NORMALISER VALORISER  
ACCOMPAGNER STRUCTURER



# Mesures de vitesses pour les simulations de mouvement de personnes et d'évacuation

J.-C. Craveur<sup>1</sup>, E. R. Galea<sup>2</sup>, L. Filippidis<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ISMANS, Le Mans

<sup>2</sup> FSEG, Greenwich University, London



# Simulations de mouvement de personnes et d'évacuation

Utilisée depuis de nombreuses années dans de nombreux pays.

Approche analytique ou numérique.

Plusieurs types de logiciels, basés sur une approche continue « Mécanique des fluides » ou discrète « Grille et connectivité ».

Logiciels utilisés dans le monde industriel pour

- Analyser une nouvelle conception vis-à-vis de critères d'évacuation,
- Modifier une ancienne conception pour la mettre aux normes,
- Aider à comprendre ce qui s'est produit lors de catastrophes...



# Données nécessaires pour le mouvement de personnes

Géométrie des locaux selon le type (quai, entrepôt, salle de concert, musée, établissement scolaire, galerie commerciale, aéroport...)

Escaliers, ascenseurs, escaliers mécaniques, tourniquets...

Nombre et positions des individus,  
Caractéristiques des individus.

Sexe, âge, mobilité, familiarité, cible (sortie visée), adaptabilité...

Vitesse de déplacements en fonction de l'environnement géométrique (couloirs, escaliers...), de la signalisation, et de l'environnement humain (densité, « courtoisie », consignes données en cas d'évacuation).



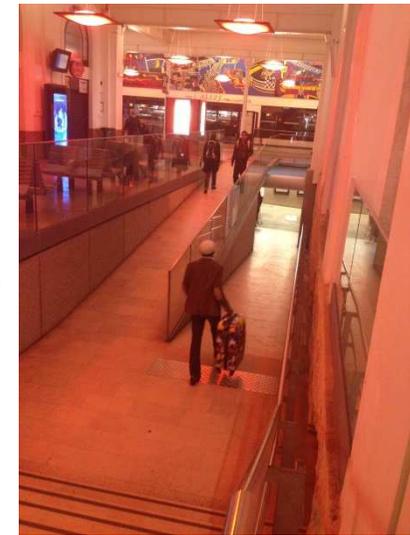
# Données disponibles

Données publiées et utilisées dans les logiciels pour les espaces ouverts, les couloirs et les escaliers selon leur largeur.

De plus en plus de rampes et plans inclinés dans les bâtiments (stades, aéroports, gares) mais très peu de données fiables publiées pour le déplacement dans les rampes en fonction de l'âge, du sexe et autres caractéristiques affectant la vitesse. Pour les données présentes, mesures effectuées sur de petites distances.

Données disponibles pour les rampes obtenues avec de petits échantillons, globales (pas d'âge, de sexe, de caractéristiques morphologiques), dans les années 60-70.

Données peut-être inadaptées aujourd'hui.



4



# Bibliographie

EVANS (1962), soldats sur un tapis roulant pour plusieurs inclinaisons du tapis :

Dans une pente comprise entre 5 et 10%, la vitesse moyenne chute de 11,5% et de 25% pour une pente de 20%.

Rapport du Institution of Transportation Engineers Technical Council Committee (1976) :

Dans une pente à 12%, la vitesse moyenne chute de 7,7%.

FRUIN (1987), mesures dans les stations de métro et gares de New York :

Vitesses « normales » comprises entre 0,51 et 1,27 m/s à plat. Pas de modification jusqu'à 5%, chute de 10% pour une pente de 10% et de 25% pour une pente de 20%. Pas de référence pour estimer la réduction de vitesse.



# Bibliographie

McINTOSH (2006), 11 étudiants sur un tapis roulant de longueur 7 m pour plusieurs inclinaisons du tapis, de  $-10^\circ$  à  $+10^\circ$  :

Même évolution en montée et en descente, vitesse de 1,57 m/s à plat passant à 1,73 m/s pour  $\pm 10^\circ$ .

NOBLE et PRENTICE (2008) : deux groupes de 9 femmes, 21 à 72 ans dans une rampe de  $0$  à  $12^\circ$ , de longueur 3 m

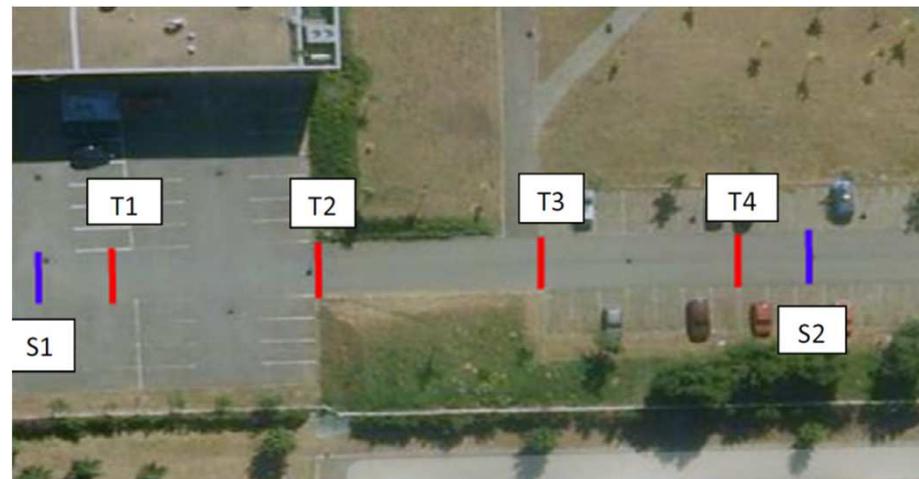
Dans une pente à  $+12^\circ$ , la vitesse moyenne chute de 5,9% pour les plus jeunes, de 1,8% pour les autres qui se déplacent 23% plus lentement à plat et 18% dans une pente de  $12^\circ$ .



# Parking ISMANS

Nécessité de disposer de données de vitesse plus fiables pour alimenter les outils de simulation. Professeur Galea intéressé par la rampe du parking de l'ISMANS, constituée de 2 pentes différentes.

Bases d'une nouvelle campagne de mesures et définition d'un protocole par itérations entre le Mastère Spécialisé ISI de l'ISMANS et FSEG de l'Université de Greenwich à partir d'Octobre 2012.



# Parking ISMANS

Nombre de participants : 151 hommes, 76 femmes soit 227 participants, de 18 à 53 ans.

Lieu de l'expérimentation : la rampe d'accès au parking de l'ISMANS, vitesse mesurée sur 6 fois 69,1 m.

2 allers-retours à vitesse normale, 1 aller-retour le plus vite possible sans courir.

Temps de repos de 5 mn après chaque aller et chaque retour.

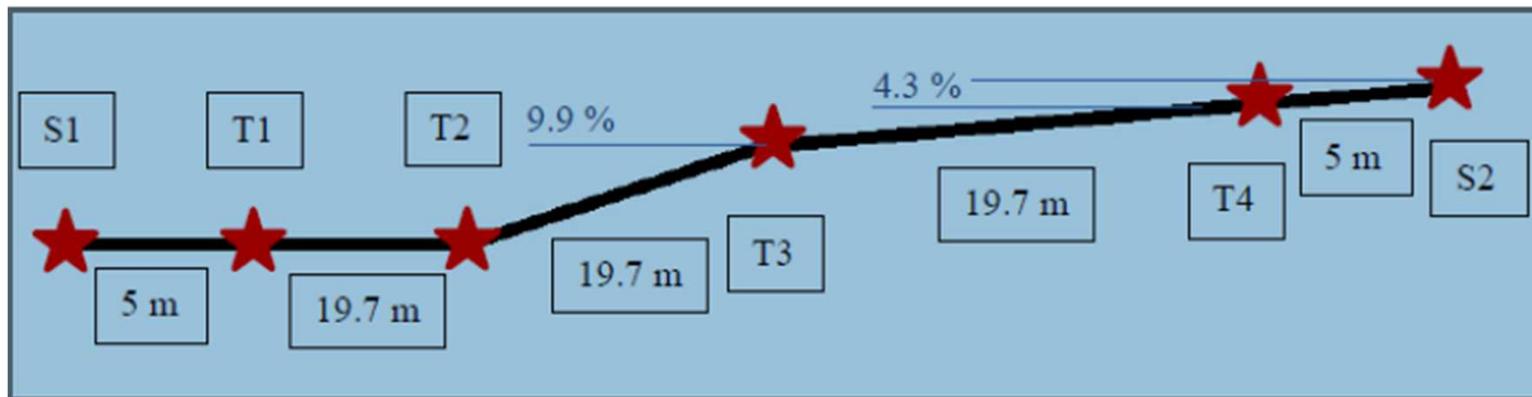


# Parking ISMANS

A la montée :

Départ derrière le trait bleu S1, 5 m pour atteindre sa vitesse de croisière,  
Mesures entre T1 et T2, T2 et T3, T3 et T4,  
Décélération et arrêt au-delà du trait bleu S2.

Idem à la descente à partir de S2.



Des caméras aux points T1 à T4 permettent l'enregistrement en continu des passages, en montée et en descente.



## Caractéristiques des participants

Participant identifié par un numéro et une fiche associée comportant un certain nombre de renseignements : sexe, âge, taille, poids, fumeur ou non, sportif ou non et si oui, quel sport et à quelle fréquence.

Sexe/Age	Nombre	Age moyen (années)	Poids moyen (kg)
Hommes < 30 years	145	22.5 (19-29)	75.8 (49-115)
Hommes $\geq$ 30 years	6	41.5 (30-53)	77.5 (65-100)
Femmes < 30 years	57	23.0 (18-29)	59.4 (45-90)
Femmes $\geq$ 30 years	19	37.7 (30-50)	62,6 (44-85)

Petit nombre de femmes, petit nombre de participants de plus de 30 ans des deux sexes.



## Résultats : moins de 30 ans

Résultats inhabituels :

A plat, les hommes de moins de 30 ans se déplacent plus lentement (-5,4%) que les femmes de la même catégorie d'âge. Les hommes de plus de 30 ans se déplacent plus vite (+7,1%) que les femmes de la même catégorie d'âge.

Moins de 30 ans	A plat	4.3% ↑	9.9% ↑	4.3% ↓	9.9% ↓
Vitesse moyenne, hommes (m/s)	1.48	1.48 (0.2%)	1.47 (-1.0%)	1.48 (-0.3%)	1.54 (+4.2%)
Vitesse moyenne, femmes (m/s)	1.57	1.52 (-2.8%)	1.50 (-4.2%)	1.55 (-1.3%)	1.64 (+4.6%)
% vitesse des hommes/vitesse des femmes	-5.4%	-2.5%	-2.3%	-4.5%	-5.8%
Vitesse moyenne pour tout l'échantillon (m/s)	1.50	1.49 (-0.7%)	1.48 (-1.3%)	1.50 (0%)	1.57 (+4.7%)

11



## Résultats : moins de 30 ans

Diminution de vitesse dans la pente à 4,3% en accord avec les résultats de Fruin, Evans et ITE, pour les hommes et les femmes.

Pour la pente à 9,9%, diminution des vitesses significativement plus faible que celles données par Fruin, Evans et ITE.

La montée et la descente n'ont pas le même effet sur la vitesse, pour les hommes et les femmes.

La vitesse des hommes est moins affectée par les pentes que celle des femmes, quelle que soit la pente, que ce soit en montée ou en descente.

12



## Résultats : plus de 30 ans

Résultats inhabituels :

Trop peu d'individus dans certaines catégories ?

Plus de 30 ans	A plat	4.3% ↑	9.9% ↑	4.3% ↓	9.9% ↓
Vitesse moyenne, hommes (m/s)	1.62	1.54 (-4.6%)	1.50 (-7.3%)	1.60 (-1.0%)	1.65 (+2.3%)
Vitesse moyenne, femmes (m/s)	1.51	1.44 (-4.7%)	1.41 (-6.5%)	1.49 (-1.5%)	1.55 (+3.0%)
% vitesse des hommes/vitesse des femmes	7.1%	7.3%	6.2%	7.7%	6.4%
Vitesse moyenne pour tout l'échantillon (m/s)	1.54	1.46 (-5.2%)	1.48 (-7.1)%	1.52 (-1.3%)	1.57 (+1.9%)

13



## Résultats : plus de 30 ans

Diminution de vitesse dans la pente à 4,3% plus importante que celles données par Fruin, Evans et ITE (influence de l'âge ?).

Pour la pente à 9,9%, diminution des vitesses en accord avec celles données par Fruin, Evans et ITE.

La montée et la descente ont le même effet sur la vitesse, pour les hommes et les femmes.

La vitesse des hommes et des femmes est plus affectée par la montée que par la descente, et plus que pour les individus de moins de 30 ans.



## Résultats : influence des talons



Données historiques peut-être influencées par les chaussures portées : mesures montrant que les hommes marchent plus vite que les femmes réalisées à une époque où les femmes portaient des talons hauts.



## Résultats : influence des talons

Bien que l'échantillon soit faible, les femmes en talons hauts ont à plat une vitesse de déplacement qui est en moyenne plus faible de 6,3%. Leur vitesse est peu affectée par la pente, que ce soit en montée ou en descente.

<b>Femmes de moins de 30 ans</b>	<b>A plat</b>	<b>4.3% ↑</b>	<b>9.9% ↑</b>	<b>4.3% ↓</b>	<b>9.9% ↓</b>
<b>Vitesse moyenne, sans talons (m/s) / 32</b>	1.58	1.53 (-3.1%)	1.51 (-4.1%)	1.56 (-1.0%)	1.66 (+5.2%)
<b>Vitesse moyenne, petits talons (m/s) / 19</b>	1.57	1.52 (-3.3%)	1.48 (-5.6%)	1.54 (-2.1)%	1.64 (+4.4%)
<b>Vitesse moyenne, talons hauts (m/s) / 6</b>	1.48	1.49 (+0.7%)	1.48 (-0.2%)	1.48 (-0.1%)	1.51 (+2.1%)
<b>Vitesse moyenne, sans ou petits talons (m/s) / 51</b>	1.58	1.53 (-3.2%)	1.50 (-4.6)%	1.55 (-1.44)	1.65 (+4.9%)

16



## Conclusion et intérêt

Distances relativement faibles (6 x 69,1 m) bien que plus importantes que la longueur des tapis roulants.

Pentes assez faibles (9,9% correspond à 5,7°).

Nombre d'individus faible pour certaines catégories.

Motivation de certains individus sujette à caution.

Base pour mettre en place l'expérience Gazonfier :

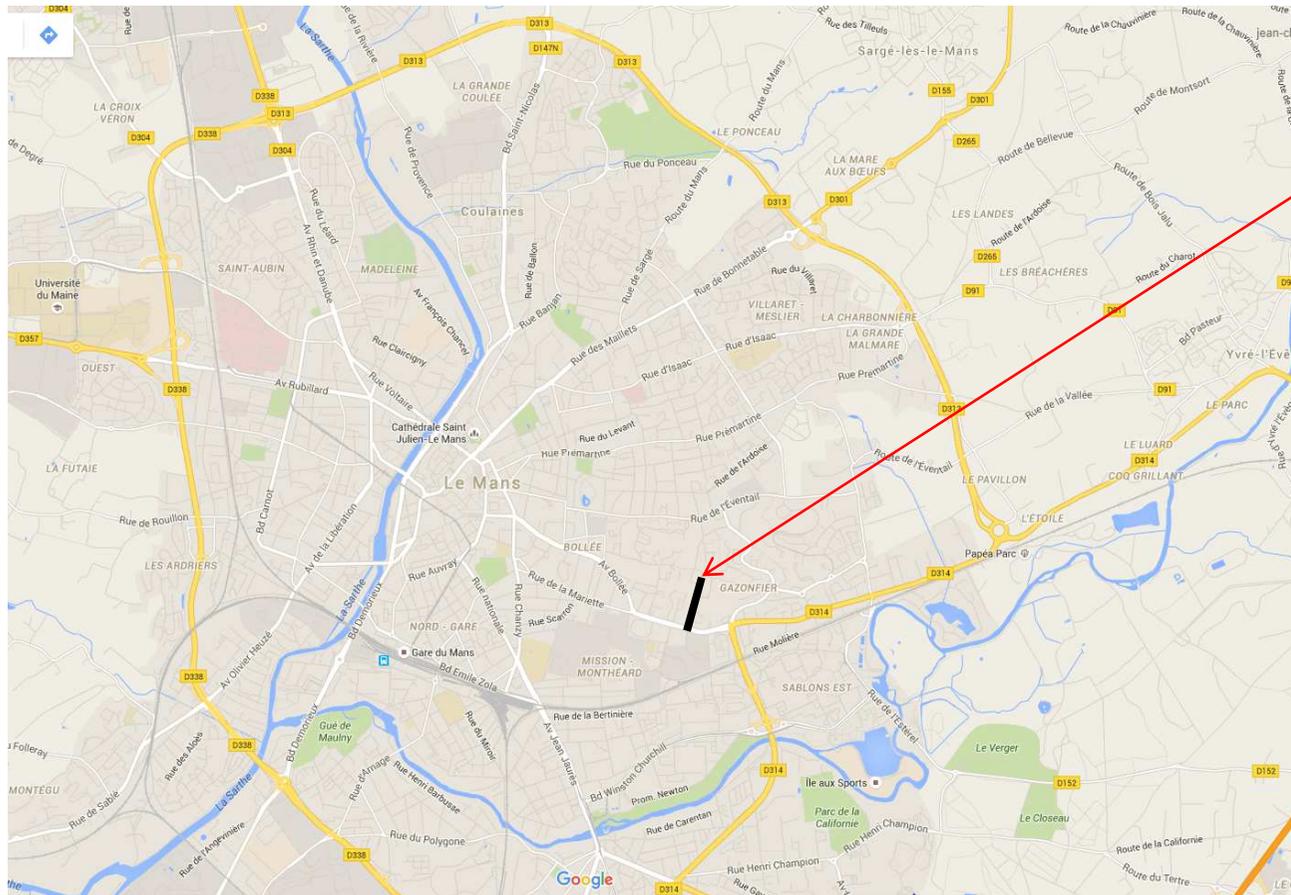
*perte des numéros accrochés sur le pantalon ou la jupe, arrêt pour le ramasser malgré les consignes, numéro du mauvais côté par rapport aux caméras, caméras différentes et logiciels d'acquisition dépendant des PC...*





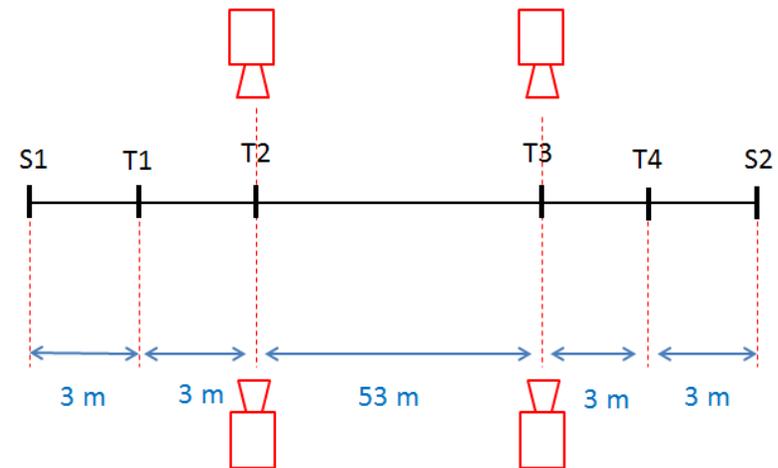
# Expérience Gazonfier, 5 mars 2015

Rue passante. 3 rues interdites à la circulation. Les riverains ont dû enlever leur véhicule.



# Expérience Gazonfier, vue d'ensemble

Rue du Tertre Saint-Pierre :  
mesure des vitesses à plat, 2  
aller-retour, 4 x 53 m



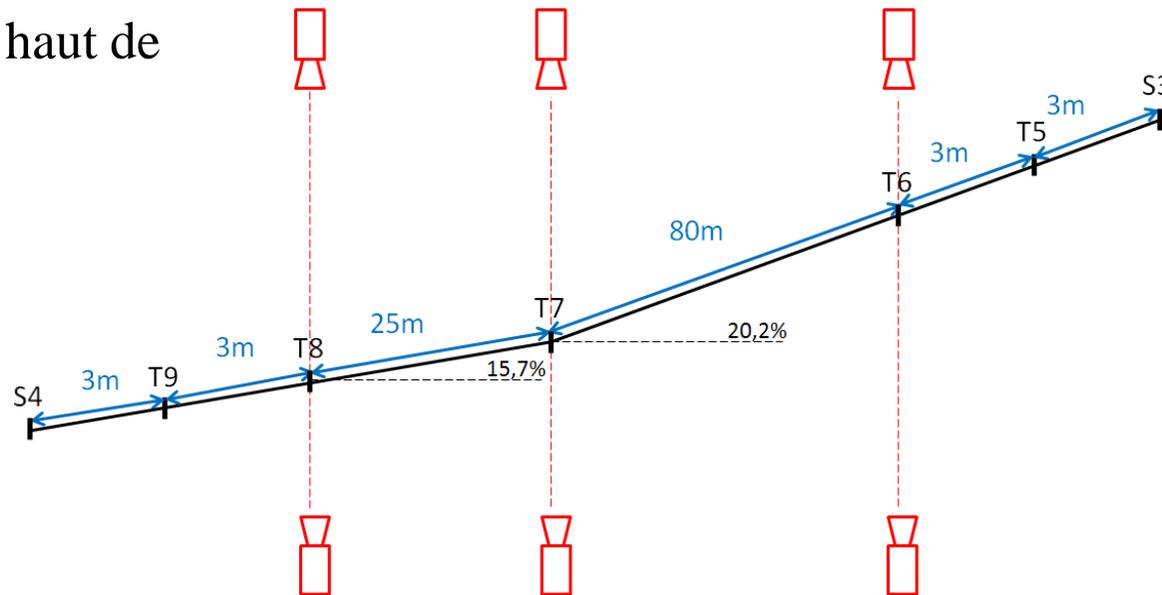
# Expérience Gazonfier, vue d'ensemble

Rue de Gazonfier :

mesure des vitesses en  
pente, 2 allers-retours,  
4 x (105 + 12) m



Premier départ en haut de  
la rue



## Expérience Gazonfier, participants

183 participants de 3 à 93 ans. Conditions météorologiques idéales : un peu frais, grand ciel bleu, pas de vent.

4 enfants de moins de 10 ans (75% filles, 25% garçons)

51 participants de moins de 30 ans (27% femmes, 73% hommes)

41 participants de moins de 60 ans (44% femmes, 56% hommes)

87 participants de plus de 60 ans (46% femmes, 54% hommes)

1 femme enceinte de 6 mois

11 fumeurs

133 pratiquent régulièrement un sport.

4 n'ont fait que les 2AR rue du Tertre Saint Pierre

3 ont fait les 2AR rue du Tertre Saint Pierre et 1AR rue de Gazonfier



## Expérience Gazonfier, la suite

Traitement des vidéos terminé et traitement des vitesses en cours de finalisation par le FSEG de l'Université de Greenwich (10 PC ont enregistré de 9h30 à 18h).

Résultats soumis pour publication au second trimestre 2016.

Adaptation du logiciel de simulation EXODUS pour prendre en compte les rampes et leur inclinaison.

Implémentation de toutes ces nouvelles données de vitesse dans la base de connaissance pour qu'elles soient utilisées lors des simulations de mouvement de personnes ou d'évacuation.

« Une expérience scientifique inédite dans la rue la plus pentue du Mans » : site de France Bleu Maine

Dans google : rue de gazonfier / images

<https://www.facebook.com/media/set/?set=a.1038243406190899.1073741899.136784013003514&type=3>



# Expérience Gazonfier, mise en place et déroulement



24



# Expérience Gazonfier, mise en place et déroulement



# Expérience Gazonfier

Nous tenons à remercier pour leur soutien, les autorisations nécessaires et leur engagement :

- La préfecture de la Sarthe
  - La ville du Mans et tout particulièrement le service de la voirie
  - L'association d'Animation des quartiers Gazonfier et Yzeuville
  - L'association des riverains SPA.GA.SO des rues du Tertre Saint-Pierre, du Tertre Saint-André, de Gazonfier et de la Solitude
  - La protection civile
  - Les commerçants partenaires (Boulangerie PROVOST et bar LE MONTHEARD)
  - L'Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes du Mans
  - La presse et les radios locales qui ont relayé les appels à volontaires et couvert la journée
  - Les étudiants et le personnel de l'ISMANS
  - Le personnel, les étudiants de l'école des aides-soignants et de l'école des soins infirmiers du Centre Hospitalier du Mans, et leur directrice
  - Les étudiants du Mastère Spécialisé ISI de l'ISMANS
- Et les 183 volontaires qui ont participé à cette expérimentation et souffert rue de Gazonfier.

