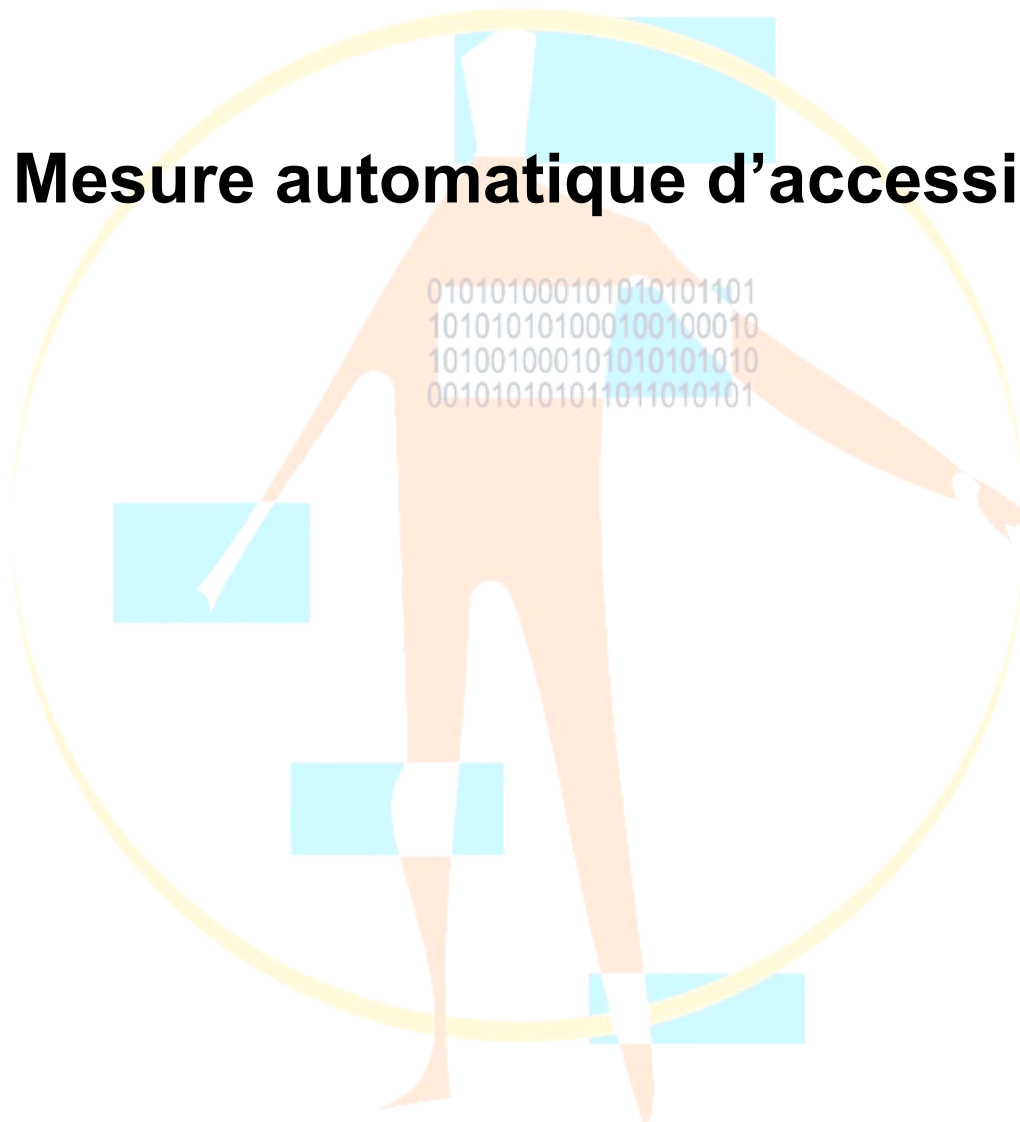


## PROJET TECHNIQUE

# Mesure automatique d'accessibilité



M A S T E R  
**H A N D I**  
Lin HUANG  
MasterHandi  
2007/2008

## 1 Introduction

L'accessibilité est un caractère important pour un espace géographique. Sans une façon de mesurer l'accessibilité, on ne pourra pas comparer des alternances de solutions quand ils sont tous accessibles (nous verrons plus tard les définitions du mot « accessibilité » et du mot « accessible »). Une mesure quantitative est nécessaire pour indiquer le niveau de l'accessibilité, on pourra donc comparer des alternances par des chiffres.

En particulier, la loi du 11 février 2005, qui est pour « L'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées », renforce l'obligation d'accessibilité et fixe en la matière un cadre réglementaire volontariste et exigeant. La mesure de l'accessibilité d'un bâtiment pour une personne handicapée devient essentielle. La comparaison quantitative entre les accessibilités d'une personne valide et d'une personne handicapée permet de figurer les obstacles les plus graves dans un bâtiment. Selon cette information, nous pouvons améliorer l'accessibilité d'un bâtiment.

## 2 Etat de l'art

### 2.1 Loi d'accessibilité

Dans la loi Handicap du 11 février 2005 l'accessibilité est définie comme ci-dessous :

*« L'accessibilité est une condition primordiale pour permettre à tous d'exercer les actes de la vie quotidienne et de participer à la vie sociale. Aussi la loi prévoit-elle le principe d'accessibilité généralisée, quel que soit le handicap (physique, sensoriel, mental, psychique, cognitif, polyhandicap). »*

*La loi étend l'obligation d'accessibilité à toute la chaîne du déplacement : la personne handicapée doit pouvoir accéder à tous les bâtiments recevant du public et évoluer de manière continue, sans rupture (aménagement de voiries, accès aux gares, transports en commun...).*

*La loi handicap rend obligatoire l'accessibilité des locaux d'habitation neufs, privés ou publics et dans certains cas, des locaux d'habitation existants lorsqu'ils sont l'objet de travaux.*

*Le principe d'accessibilité concerne également la participation pleine et entière des personnes handicapées dans la vie de la cité : accès aux services de communication publique en ligne, à la justice, aux bureaux et techniques de vote, accessibilité des programmes de TV aux personnes sourdes et malentendantes...*

*La loi fixe des obligations de résultats et de délais à respecter, en limitant les possibilités de dérogation (la dérogation globale n'est plus possible). Les mesures de mise en accessibilité seront évaluées d'ici trois ans.*

(Source : Ministère de la Santé et des Solidarités)

Aux États-Unis, on peut trouver la loi correspondante : American with Disabilities Act (ADA), où l'accessibilité est définie comme :

*“At least one accessible route within the boundary of the site shall be provided from public transportation stops, accessible parking, and accessible passenger loading zones, and public streets or sidewalks to the accessible building entrance they serve. The accessible route shall, to the maximum extent feasible, coincide with the route for the general public.”*

## 2.2 Accessibilité quantitative

Beaucoup de travaux en mesure quantitative d'accessibilité sont faits en Géographie [Church et Marston 2002] et GIS (Graphical Information System) [Black et al.2004]

Dans les recherches existants, deux définitions sont proposées pour quantifier l'accessibilité : l'accessibilité absolue et l'accessibilité relative.

- Accessibilité absolue

Cette définition est proposée dans plusieurs articles [Waches and Kumagai 1973], [Igram 1971], [Hansen1959], [Schwab 1987]

Les formes de définition sont différentes mais elles sont une sorte de fonction :

$$A_{ikl} = \sum_{j \in M_{ikl}} O_{jk} f(d_{ijl})$$

$i$  indique une personne ou un zone,

$k$  indique n'importe quelle activité,

$l$  est un type de déplacement,

$j$  est un endroit

$A_{ikl}$  : **L'accessibilité pour l'activité  $k$  de la personne (ou le zone)  $i$  en utilisant le type de déplacement  $l$**

$d_{ijl}$  est la distance (peut être mesurée en temps, en distance physique ou en autres façons) entre la personne (ou le zone)  $i$  et l'endroit  $j$  en utilisant le type de déplacement  $l$

$f(d_{ijl})$  est n'importe quelle fonction de  $d_{ijl}$ .

(Par exemple, une personne en fauteuil roulant voudrait arriver à un endroit, elle a deux chemins à choisir, un chemin sans obstacle, un autre avec une pente. Si on mesure la distance en distance physique, les distances des deux chemins seront

peu différentes, mais le chemin sans obstacle sera beaucoup plus facile pour cette personne. C'est-à-dire on doit effectuer un coefficient au chemin avec pente pour mesurer son accessibilité.

Si on utilise le temps pour mesurer la distance, on peut aussi calculer un coefficient au cas où la personne est très fatiguée. )

$O_{jk}$  est le nombre d'occasions d'activité  $k$  à l'endroit  $j$

$S_{kl}$  est la distance maximale considérée comme **accessible**

$M_{ikl} = \{j \mid d_{ijl} < s_{kl}\}$  est l'ensemble d'activités considérées comme **accessible**

- Accessibilité relative

Cette définition est proposée dans les articles souvent :

[Church and Marston 2002] et [De Jong and van Eck 1996]

$R_{ijlm} = f(d_{ijl}) / f(d_{ijm})$   $l, m$  sont deux types de personnes ou zones

**L'accessibilité relative  $R_{ijlm}$  est donc le rapport entre deux distances pour les personnes (ou zones)  $l$  et  $m$ .**

Les travaux existants en géographie et en GIS utilisent le temps pour mesurer les distances.

Peu de travaux appliqués pour la circulation des personnes de mobilité réduite.

### 3 Objectif du projet

L'objectif du projet est de mesurer automatiquement et quantitativement l'accessibilité d'un bâtiment, en particulière pour les personnes de mobilité réduite. L'accessibilité d'un bâtiment est la possibilité d'entrer, de sortir, et de circuler dans ce bâtiment. Dans ce projet, on mesure l'accessibilité relative en comparant les distances d'une personne valide et une personne en fauteuil roulant.

Les travaux faits en géographie et GIS utilisent le temps pour mesurer la distance. Dans ce projet, on choisit la distance physique car on concentre la circulation à l'intérieur d'un bâtiment. A l'aide d'ordinateur, on peut examiner la distance entre n'importe quels deux endroits du bâtiment, obtenir le rapport des distances différentes entre une personne valide et une personne en fauteuil roulant, les obstacles graves, pour trouver la meilleure solution et améliorer l'accessibilité pour les personnes de mobilité réduite.

## 4 Mesure d'accessibilité

La définition de l'accessibilité dans ce projet est basée sur les définitions présentées dans l'état de l'art. Mais les définitions sont trop compliquées et trop générales. On les simplifie comme ci-dessous :

**Accessibilité absolue** à partir d'un point  $i$  à un autre point  $j$  pour une personne de type  $l$

$$A_{ijl} = f(\hat{d}_{ijl}) \quad \text{où} \quad f(\hat{d}_{ijl}) = \hat{d}_{ijl}$$

$\hat{d}_{ijl}$  est la distance du chemin le plus court

**Accessibilité relative** d'une personne valide et une personne de mobilité réduite

$$R_{ijhv} = \frac{A_{ijh}}{A_{ijv}} = \frac{\hat{d}_{ijh}}{\hat{d}_{ijv}}$$

i.e. pour deux points  $i$  et  $j$ , l'accessibilité relative entre une personne de mobilité réduite ( $h$ ) et une personne valide ( $v$ ) est simplement le rapport entre le chemin le plus court pour  $h$  et celui pour  $v$

Dans ce projet, on appelle la valeur de la distance mesurée comme le « coût » du chemin.

## 5 Réalisation

L'interface réalisée dans le projet est basée sur une interface réalisée par l'Université Helsinki. L'interface dans le projet est en Java Applet. Elle utilise l'algorithme Astar pour chercher le chemin le plus court. Elle permet de montrer directement la distance du chemin le plus court entre deux points sur la carte et le coût du chemin.

Elle a deux modes d'utilisateurs à choisir:

1. Pour personne valide
2. Pour personne de mobilité réduite

En plus, elle permet de calculer l'accessibilité relative entre deux endroits pour une personne sans fauteuil roulant et une personne en fauteuil roulant.

Elle a aussi deux modes d'affichages :

1. Afficher la carte réelle
2. Afficher la carte de l'interface

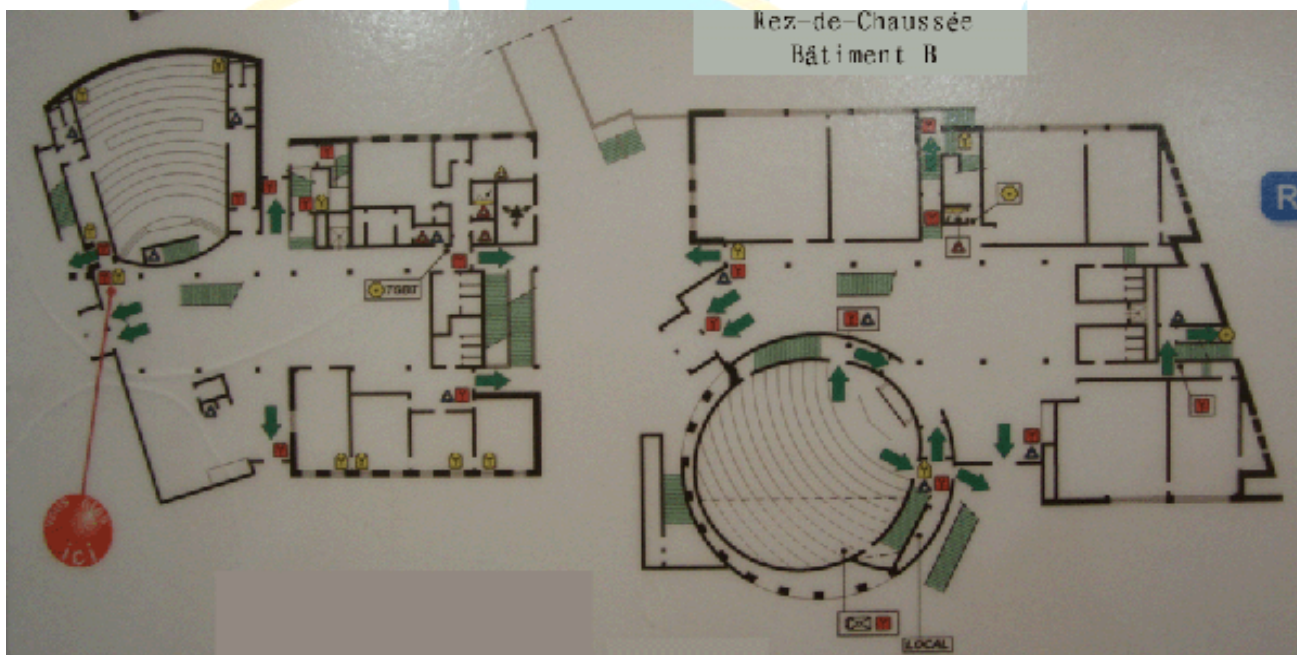
Elle permet l'affichage de photo d'un obstacle en le cliquant sur la carte.



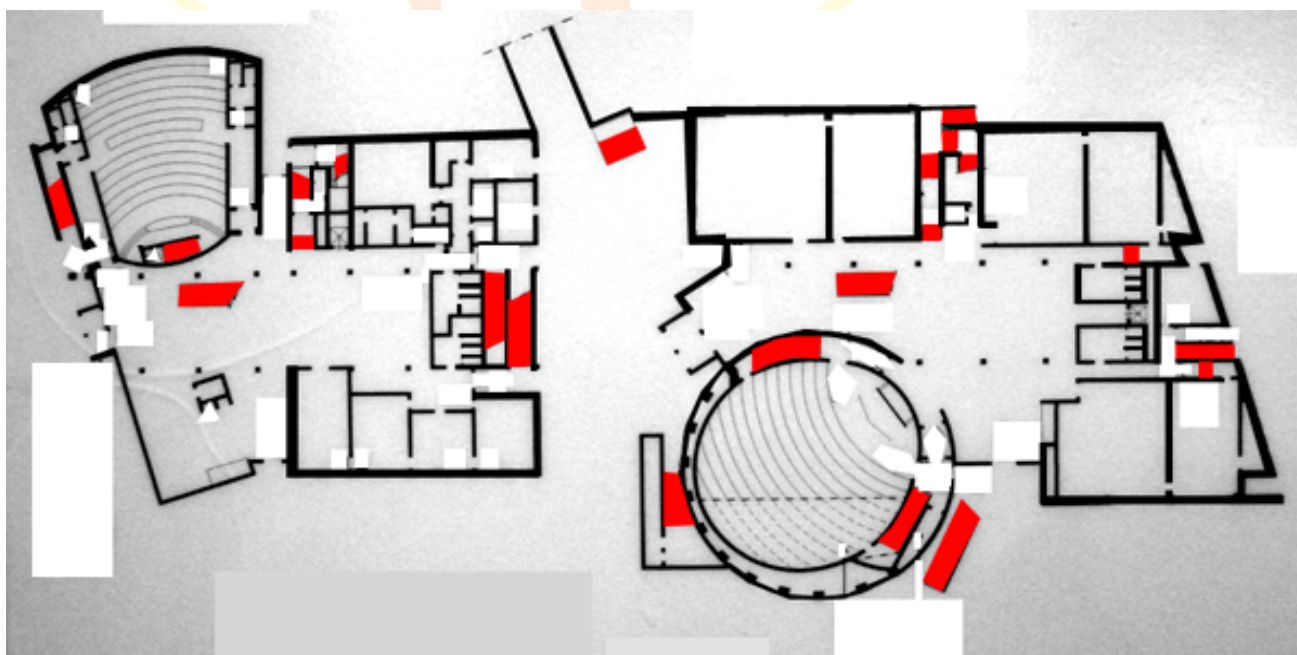
### 5.1 Génération de la carte interface

La génération de la carte manipulable par l'algorithme est semi-automatique à partir de la carte en papier. Tout d'abord on prend une photo numérique d'une carte d'un bâtiment.

On montre un exemple de la photo de la carte de Rez-de-chaussée de bâtiment B «B0.jpg»



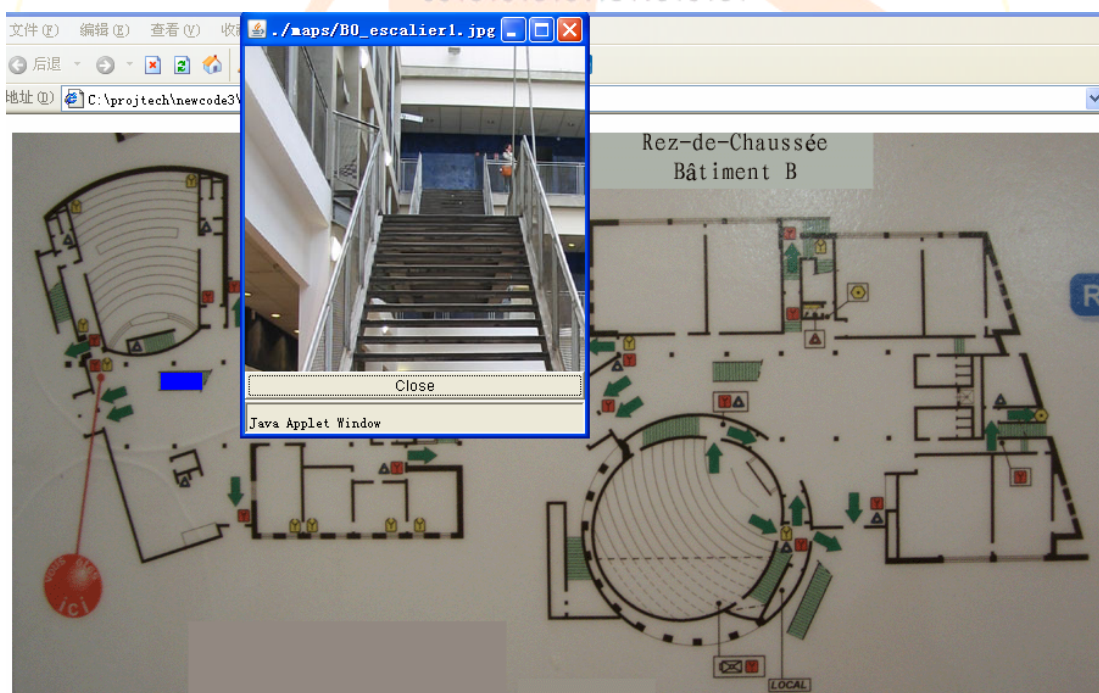
A partir de « B0.jpg », on l'a converti en monochrome et renforcé le contraste et l'intensité afin de mettre les murs relativement noirs. Ensuite on a mis les obstacles en rouge.



L'interface utilise les fichiers textuels pour représenter une carte où un « X » dans le fichier correspond à un pixel de mur et un « Y » dans le fichier correspond à un pixel d'obstacle. L'utilisation de fichier textuel permet de simplifier le code pour lire la carte dans le mémoire. Pour transformer « B0.bmp » en format textuel, on a réalisé un programme « convertmap.m » dans matlab qui transforme tous les pixels relativement noirs en « X » et tous les pixels en rouge de l'image en « Y ». Un fichier textuel « B0.map » correspond à la carte d'un bâtiment est donc produit.

## 5.2 Affichage des obstacles

Tout d'abord les photos numériques des obstacles sont prises. Afin d'associer les photos avec les zones des obstacles correspondantes, on utilise un fichier qui enregistre les noms des photos et les repères des zones des obstacles. Par exemple, le rectangle bleu dans la carte ci-dessous indique la zone de l'obstacle dont la photo est affichée.



Pour repérer la zone de l'obstacle, on utilise le point top-left et le point bottom-right du rectangle qui cadre cet obstacle.

Par exemple, la zone de l'obstacle affichée en haut est écrite comme ci-dessous:  
120 195 154 208 ./maps/B0\_escalier1.jpg

## 6 Mode d'emploi

### 6.1 Installation



Tout d'abord, il faut copier les fichiers binaires (.class) d'applet dans un répertoire. Ensuite, il faut écrire un fichier html qui indique les paramètres pour lancer l'applet. On ouvre la page web correspondante à la carte quand on veut évaluer. Par exemple « BRDC.html » correspondent à la carte de rez-de-chaussée de bâtiment B.

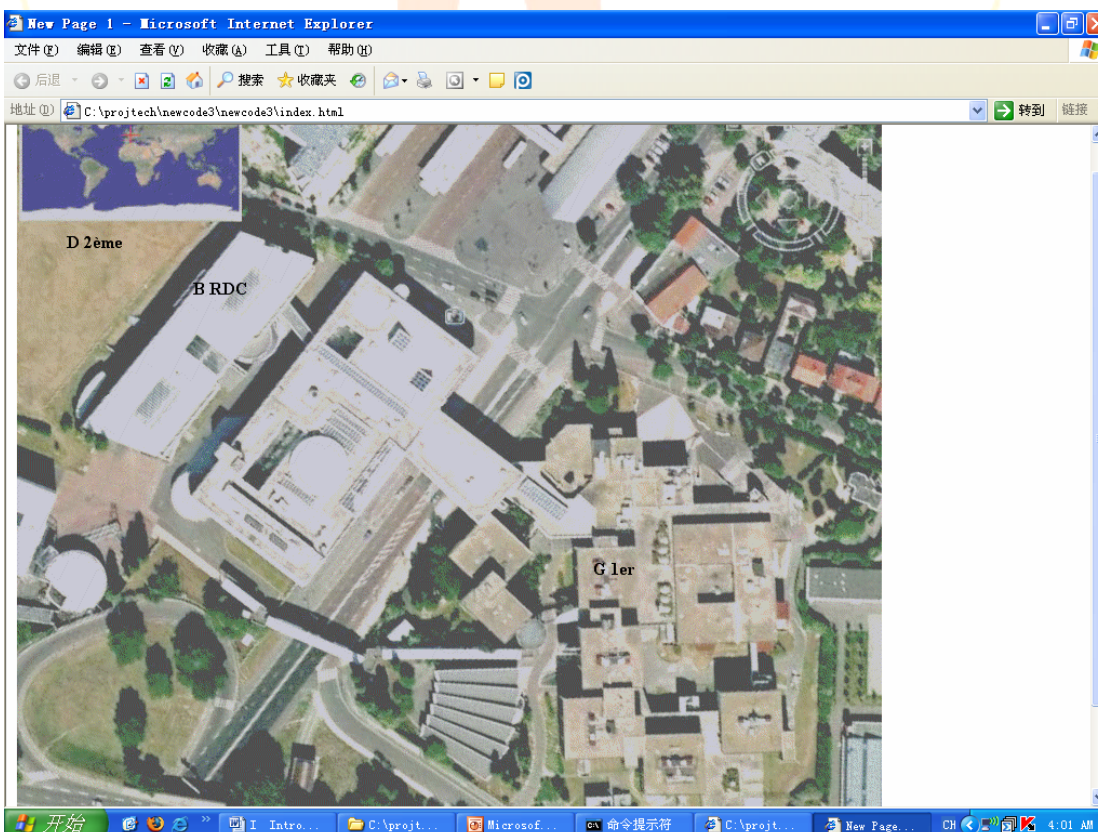
```
<HTML>
  <applet code="AstarApplet.class" width="920" height="600">
    <param name="mapname" value="B0">
    <param name="spacing" value="1">
  </APPLET>
</HTML>
```

« *mapname* » correspond au nom de la carte d'interface. Les cartes sont dans un sous répertoire « map », et le fichier de la carte a une extension « .map ». « *spacing* » est la taille d'un pixel.

Ensuite, il faut créer le fichier « B0.obs » dans le même sous répertoire qui enregistre les zones et les noms des photos des obstacles.

## 6.2 Implantation

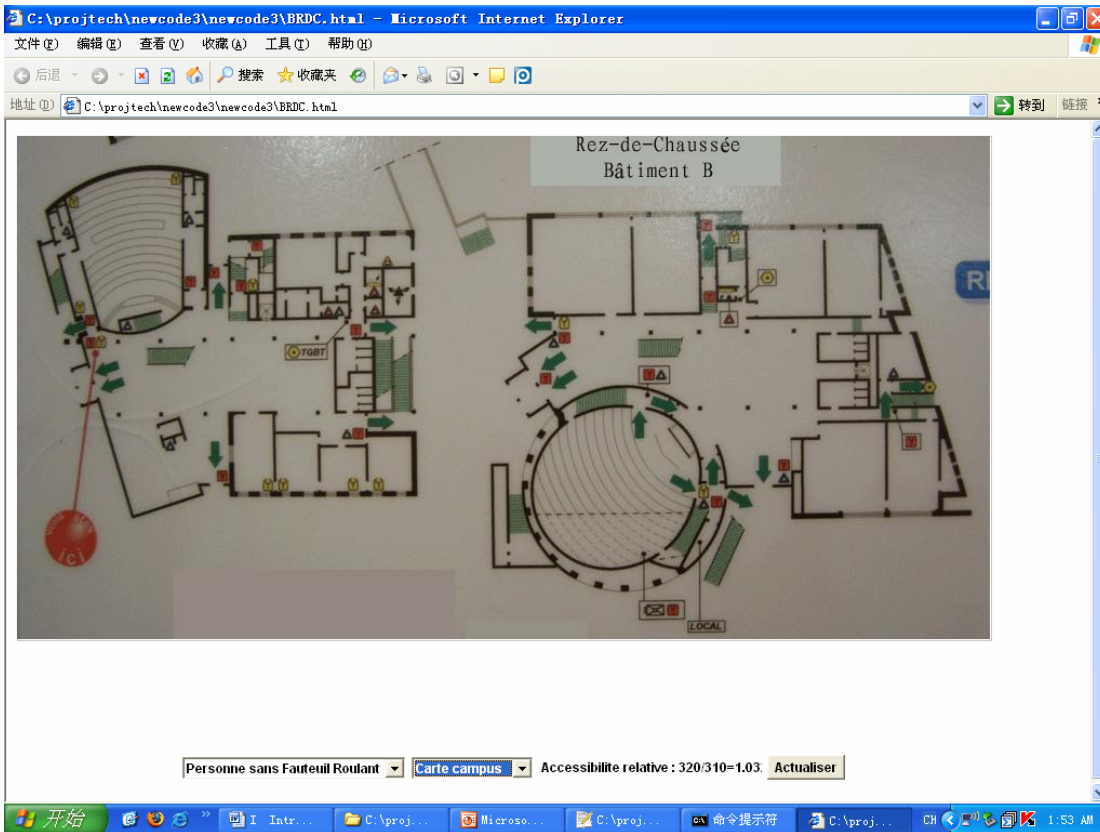
La page accueil est la carte satellite de l'université paris 8. On peut cliquer directement sur la carte pour choisir le bâtiment à évaluer.



Par exemple on choisit le rez-de-chaussée du bâtiment B. L'utilisateur peut choisir

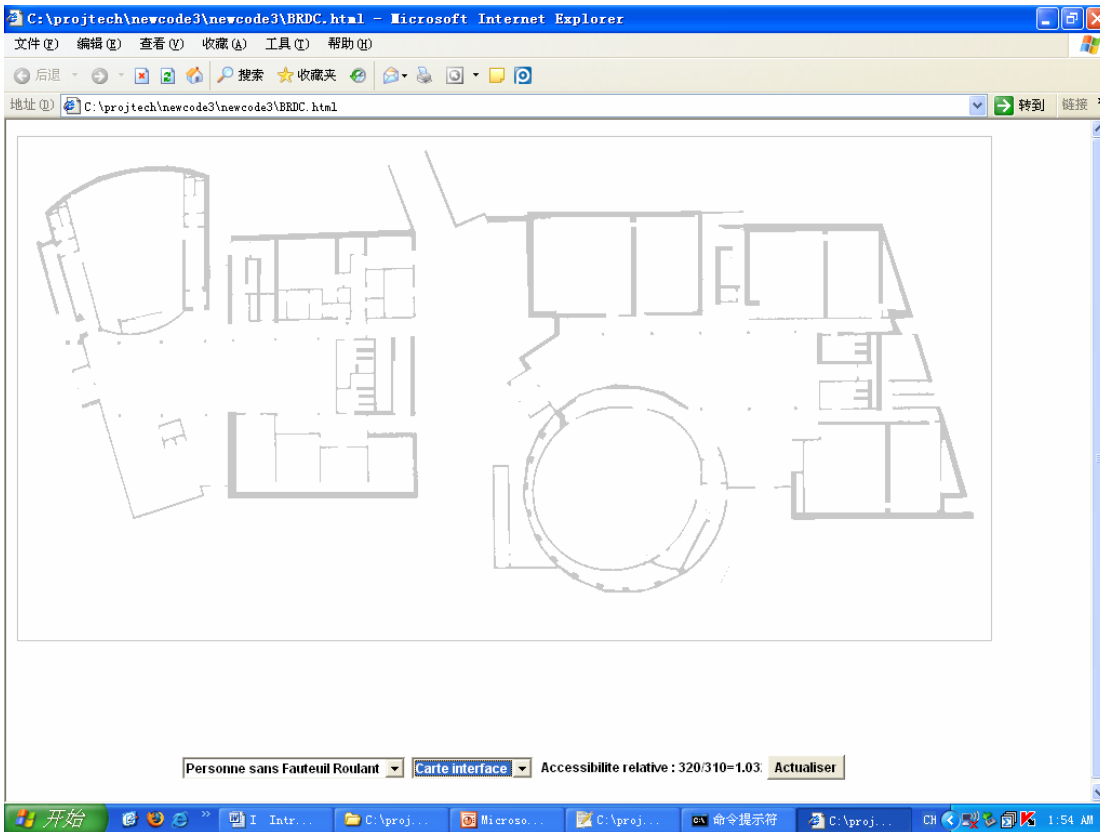


ensuite le type de personnes et la carte à afficher selon son besoin.  
Pour une personne sans fauteuil roulant v :  
En mode de « Carte campus », la carte réelle s'affiche comme ci-dessous :

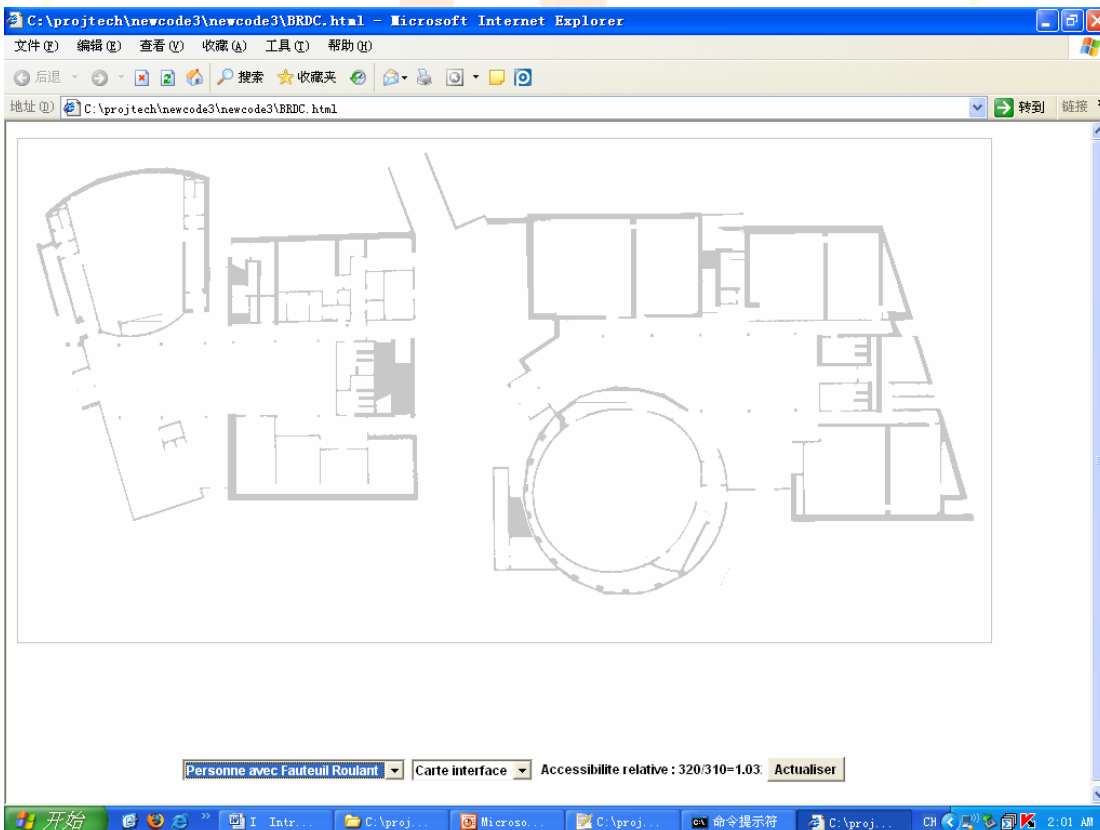


En mode de « carte interface », la carte interface s'affiche en transformant les « X » en gris. Les obstacles ne s'affichent pas.

MASTER



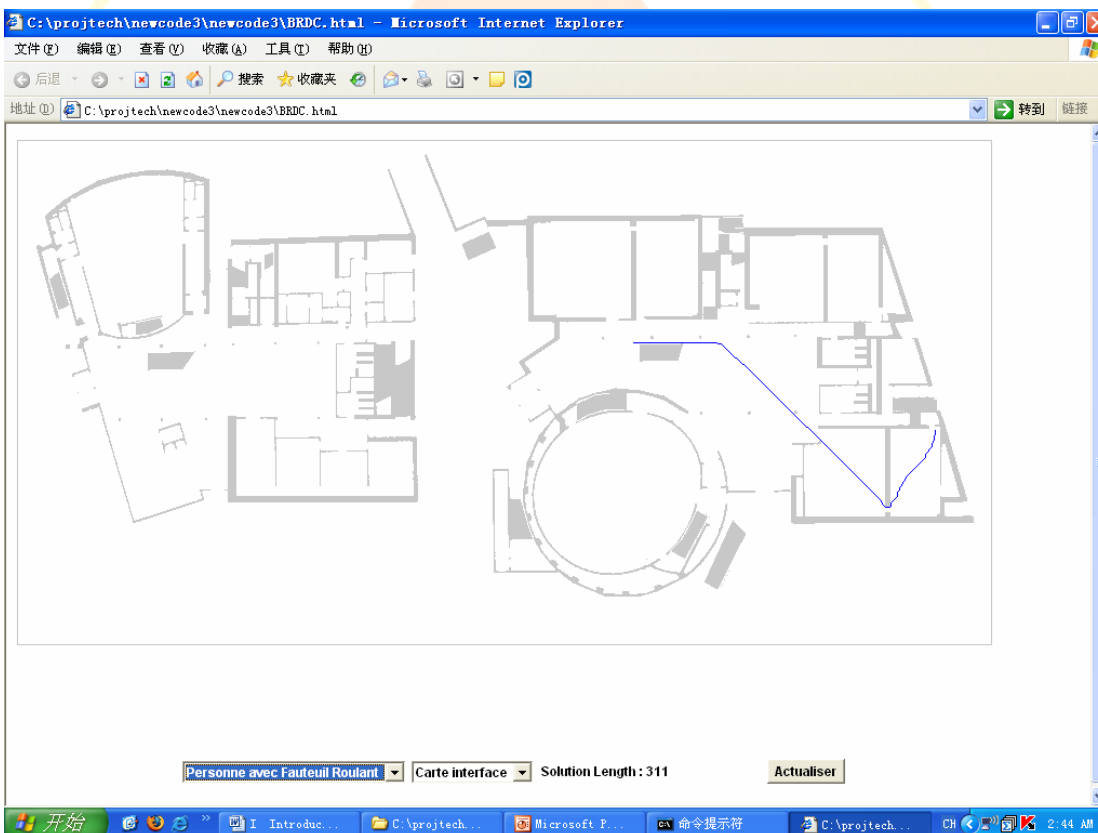
Pour une personne en fauteuil roulant  $h$  :  
Les obstacles s'affichent en gris comme les murs.



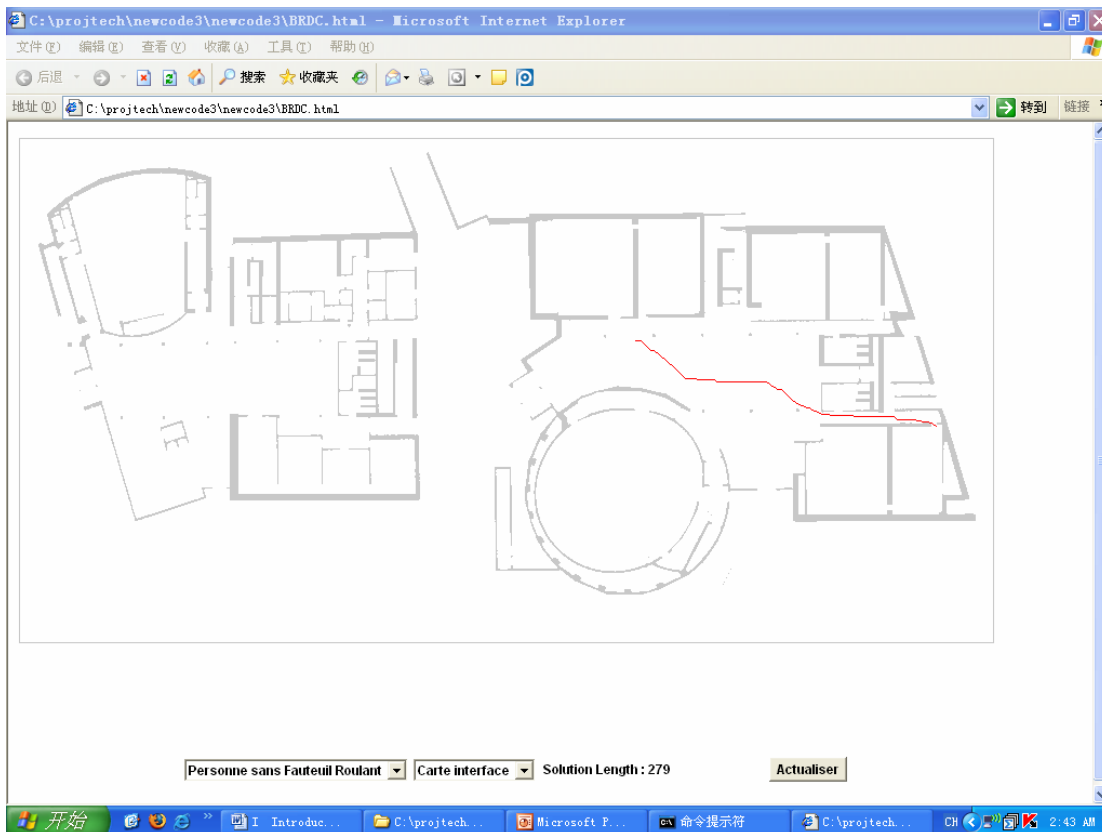
On peut choisir un point de départ  $i$  et un point d'arrivée  $j$  en cliquant directement sur la carte réelle ou la carte interface. Le chemin optimal trouvé pour une personne en fauteuil roulant est en bleu et celui pour une personne sans fauteuil roulant est en rouge.

On peut choisir soit la mode « personne avec fauteuil roulant », soit la mode « personne sans fauteuil roulant », pour voir le chemin optimal et le coût du chemin pour chaque type de personnes.

Par exemple, le chemin optimal en mode « personne avec fauteuil roulant » est en bleu. Le coût  $\hat{d}_{ijv}$  du chemin optimal est donc 311.



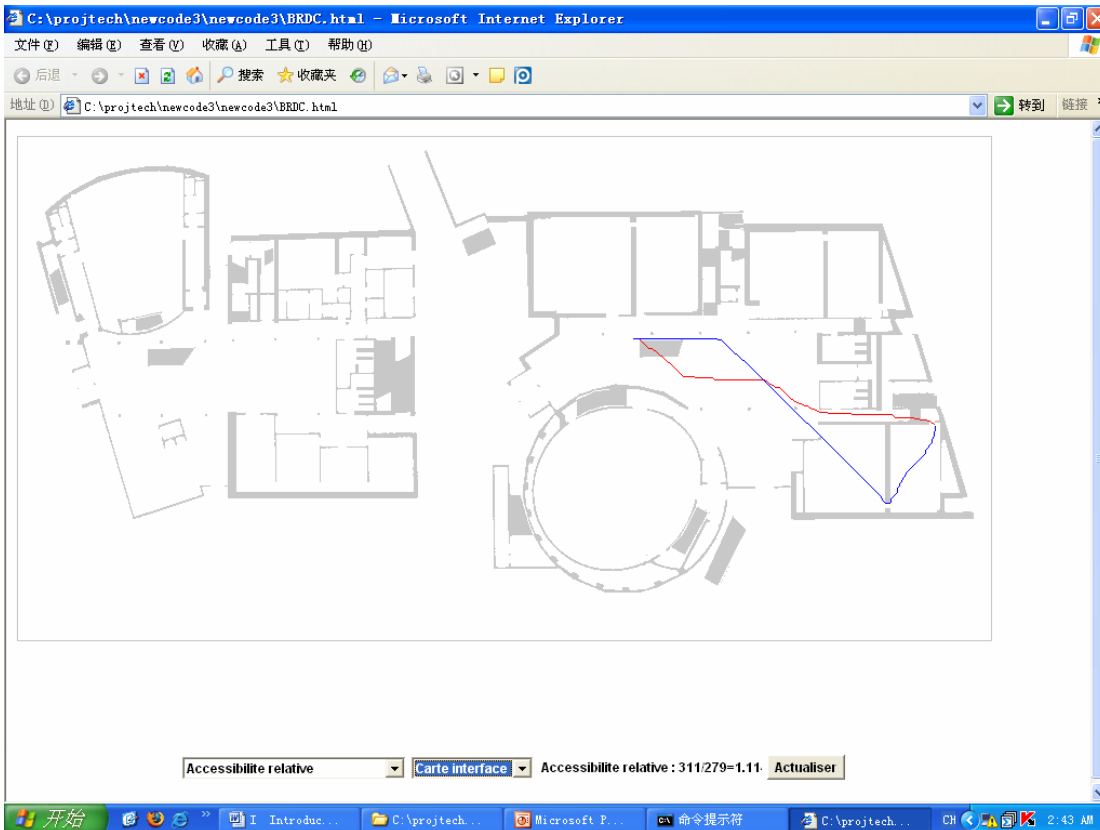
Le chemin optimal en mode « Personne sans fauteuil roulant » est en rouge. Son coût obtenu  $\hat{d}_{ijh}$  est 279.



On peut calculer l'accessibilité relative des deux endroits pour une personne en fauteuil roulant et une personne sans fauteuil roulant en mode « Accessibilité relative » et obtenir le rapport des coûts différents.

M A S T E R  
H A N D I





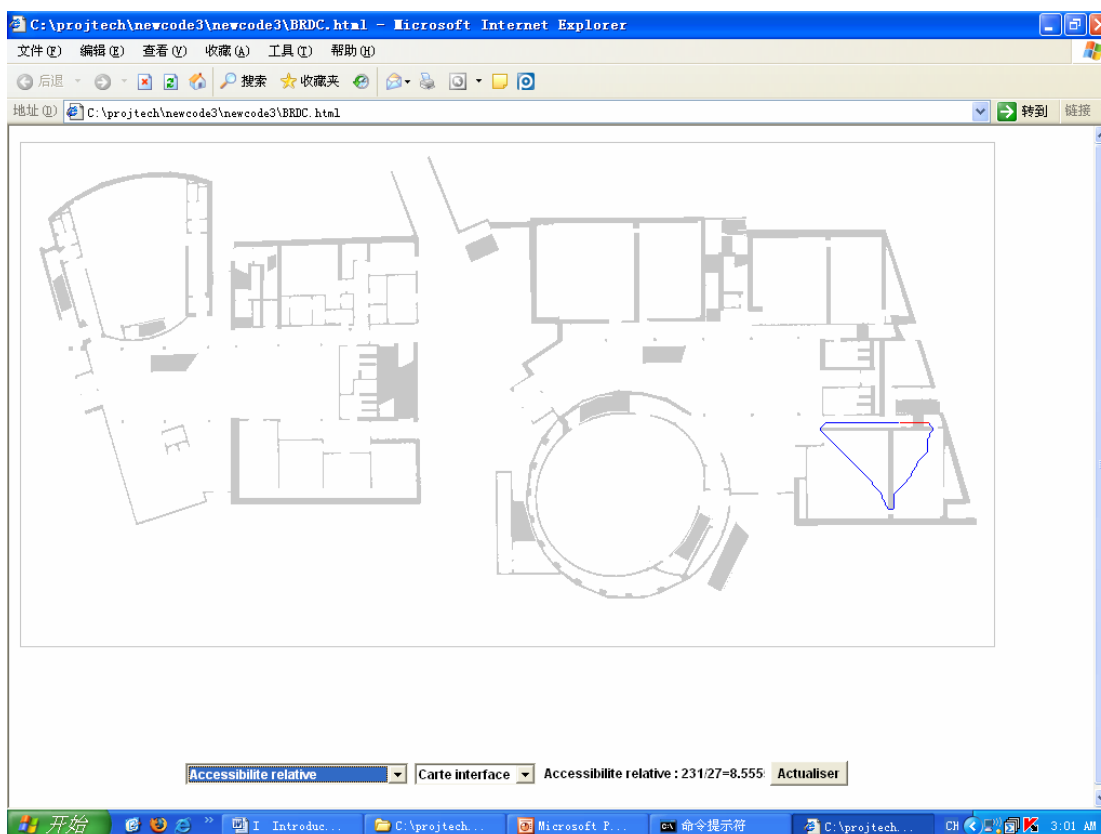
L'accessibilité relative des points  $i$  et  $j$  entre la personne  $h$  et la personne  $v$  est le rapport des coûts différents :

$$R_{ijvh} = \frac{\hat{d}_{ijh}}{\hat{d}_{ijv}} = \frac{311}{279} \approx 1.11$$

Cette valeur est près de 1, on considère que le déplacement du point  $i$  au point  $j$  est très accessible pour une personne en fauteuil roulant.

On donne un autre exemple de l'accessibilité relative très mauvaise :

M A S T E R



Le rapport des deux endroits entre une personne en fauteuil roulant et une personne valide est 8.555. Le déplacement entre les deux endroits d'une personne en fauteuil roulant est beaucoup plus difficile que celui d'une personne valide à cause d'un obstacle que les personnes en fauteuil roulant ne peuvent pas passer. Cet obstacle est donc « grave » pour les personnes en fauteuil roulant. Pour améliorer le déplacement des personnes de mobilité réduite, les « obstacles graves » doivent être aménagés.

## 7 Conclusion et Travaux futures

On a tout d'abord étudié les définitions existantes de l'accessibilité absolue et l'accessibilité relative. La définition de l'accessibilité utilisée dans le projet est basée sur les définitions existantes mais elle est beaucoup plus simplifiée. On choisit la distance physique pour mesurer. A l'aide d'ordinateur, la mesure d'accessibilité est automatique et quantitative. On utilise l'algorithme Astar pour trouver un chemin optimal.

On a réalisé une interface en Java qui permet de

- choisir un étage, un bâtiment à évaluer
- Montrer le chemin optimal et donner le coût du chemin selon le type des personnes : personne en fauteuil roulant ou personne valide
- Calculer l'accessibilité relative entre une personne en fauteuil roulant et une personne valide
- Montrer les photos des obstacles.

-- Choisir la carte à afficher : la carte réelle ou la carte interface

Pour générer les cartes interfaces, on a réalisé un programme en matlab.

Les travaux futures sont donc de définir les points critiques  $C = \{i\}$  (WC, salle de cours, etc.) dans un bâtiment et d'étudier l'accessibilité relative totale pour chaque point critique  $i$  :

$$R_{ihv} = \frac{\sum_{j \in C} \hat{d}_{ijh}}{\sum_{j \in C} \hat{d}_{ijv}}$$

Après avoir étudié les accessibilités relatives totales pour tous les points critiques d'un bâtiment, on pourra obtenir l'accessibilité relative totale pour ce bâtiment :

$$R_{hv} = \frac{\sum_{i \in C} \sum_{j \in C} \hat{d}_{ijh}}{\sum_{i \in C} \sum_{j \in C} \hat{d}_{ijv}}$$

## 8 Références

Wachs, M., and T. G. Kumagai (1973). Physical Accessibility as a Social Indicator. *Socio-Economic Planning Sciences* 7, 437-456.

Ingram, D. R. (1971). The Concept of Accessibility, A Search for an Operational Form. *Regional Studies* 5, 104-117.

De Jong, T., and J. R. van Eck (1996). Location profile-based measures as an improvement on accessibility modeling in GIS. *Computers, Environment, and Urban Systems* 20, 181-190.

Church, R. L., and Marston, J. R. (2003) Measuring Accessibility for People with a Disability, *Geographical Analysis*, Vol. 35, No. 1.

Michael Black, Steeve Ebener, Manuel Vidaurre, Patricia Najera Aguilar and Zine El Morjani (2004). Using GIS to Measure Physical Accessibility to Health Care, In proceedings of *Health GIS Conference*, 2004