

Spécification d'un outil d'assistance à la conception d'espaces accessibles

CSTB

le futur en construction

Université Henri Poincaré

Ecole d'architecture de Nancy

Ecole d'architecture de Starsbourg

Institut National des Sciences Appliquées de Starsbourg

Institut National Polytechnique de Lorraine

Présenté par Ahmed LAAROUSSI
en Octobre

Mémoire de DEA
Modélisation et Simulation des Espaces Bâtis

2003

Travail dirigé par : Benoit VINOT (Ingénieur au CSTB Sophia-Antipolis)
Jean Claude BIGNON (Professeur des Ecoles d'architecture)

Je tiens à remercier vivement toutes les personnes, les chercheurs et les associations consultés directement ou indirectement durant cette étude, pour la qualité de leur accueil et pour la disponibilité dont ils ont fait preuve au cours de ce travail de recherche, et ceci malgré leurs nombreuses préoccupations professionnelles.

Mes remerciements vont également aux équipes travaillant sur les projets LOQACCE et ISTforCE dont les travaux étaient initiateurs au mien , ainsi qu'à tout le personnel du **C**entre **S**cientifique et **T**echnique du **B**âtiment pour son agréable accueil et sa collaboration à cette étude, et particulièrement à Rémi VANKEISBELCKT pour sa précieuse contribution.

Enfin je tiens à exprimer ma gratitude envers mes enseignants sans qui mes connaissances n'existeraient pas et tout particulièrement à **Jean-Claude Bignon**.

Merci

« Tout un homme, fait de tous les hommes et qui les vaut tous
et que vaut n'importe qui. »

Jean Paul Sartre

A tous les handicapés et ceux qui oeuvrent pour alléger leur
handicap

SOMMAIRE

AVANT PROPOS	7	3.6. L'accessibilité du point de vue de l'architecture.....	23
1. AXE DE LA RECHERCHE	9	3.7. L'accessibilité du point de vue de l'utilisateur	24
1.1. Titre	10	2.7.1. <u>La diversité des usagers</u>	24
1.2. Problématique	10	2.7.2. <u>Les besoins fondamentaux des usagers</u>	25
1.3. Méthodologie	10	4. ETAT DE LA VÉRIFICATION DE L'ACCESSIBILITÉ : MÉTHO DES AC-	31
2. L'INFORMATIQUE DANS LE BÂTIMENT	11	TUELLES	31
2.1 L'organisation de l'information dans le processus		4.1. Données relativement univoque	32
de conception architecturale	12	4.2. Méthode empirique	32
2.1.1. <u>Des données multiples, des informations hété-</u>		5. ETAT DE LA VÉRIFICATION RÉGLEMENTAIRE : TRAVAUX SIMILAI-	34
<u>rogènes et des acteurs différents</u>	12	RES.....	34
2.1.2. <u>L'information réglementaire et législative</u>	12	6. ETAT DE LA RÉGLEMENTATION ACCESSIBILITÉ	37
2.1.3. <u>L'échange d'information dans le bâtiment et</u>		7. CHOIX D'UNE STRATÉGIE INFORMATIQUE	39
<u>son intérêt pour l'architecte</u>	13	7.1. Deux solutions informatiques, un seul objectif	40
2.2. L'informatique et le secteur du bâtiment	14	2.7.1.1. <u>Un outil de vérification de l'accessibilité au cours</u>	
2.2.1. <u>Les TIC et l'e-construction</u>	14	<u>même de l'élaboration du projet</u>	40
2.2.2. <u>Les logiciels métiers et la conception archi-</u>		2.7.1.2. <u>Un outil de simulation et de sensibilisation utili-</u>	
<u>tecurale</u>	15	<u>sant un environnement virtuel comme interface</u>	
2.2.3. <u>Les logiciels techniques et de calculs</u>	16	<u>Homme Machine</u>	41
2.2.4. <u>Les logiciels descriptifs et quantitatifs du pro-</u>		7.2. Les lacunes du modèle IFC	41
<u>jet</u>	17	7.3. Choix final et formalisation de l'outil	42
2.2.5. <u>Les logiciels de gestion du patrimoine</u>	17	8. UN MODÈLE POUR LA VÉRIFICATION DE L'ACCESSIBILITÉ DANS	45
3. L'ACCESSIBILITÉ : NOTIONS ET POINTS DE VUES	19	L'ARCHITECTURE	45
3.1. Définition de l'accessibilité	20	8.1 Elaboration du modèle	46
3.2. Les notions de handicap et de situation de handi-		8.1.1. <u>Modélisation UML vs la modélisation NIAM</u>	46
cap.....	20	8.1.2. <u>Le référentiel : Modèle Pivot</u>	46
3.3. Les notions de repère et d'orientation	21	8.2. Choix de l'implémentation du modèle avec des solu-	
3.3.1. <u>La notion de repère</u>	21	tions logicielles issues de l'Intelligence Artifi-	
3.3.2. <u>La notion d'orientation</u>	22	cielle.....	49
3.4. La notion d'obstacle	22		
3.5. La notion de confort	23		

8.2.1. <u>Méthodologie et cas d'utilisation</u>	49
8.2.2. <u>Le fonctionnement de la base de règles</u>	51
8.2.3. <u>Le fonctionnement de la base de faits</u>	51
8.2.4. <u>Le fonctionnement du moteur d'inférence</u>	52
8.3 Conclusion et perspectives	53
BIBLIOGRAPHIE	54
ANNEXES 1	57
ANNEXES 2	67

AVANT PROPOS

L'année 2003 est proclamée Année européenne des personnes handicapées. Cette année a pour but de favoriser le progrès vers l'égalité des droits pour les personnes handicapées.

Aux quatre coins de l'Europe, l'attention est portée sur les nombreux domaines de notre société où des barrières et des discriminations existent encore pour les 10 % d'Européens handicapés.

La question des personnes handicapées nous concerne tous, et les architectes en particulier, puisque garants –au nom de la maîtrise d'œuvre- du confort d'usage pour tous, par leur démarche conceptuelle qui s'inscrit dans le geste architecturale.

C'est ainsi que le ministre de la culture a souhaité engager une action de sensibilisation des architectes sur les questions d'accessibilité des locaux aux personnes handicapées, en particulier à travers le réseau des écoles d'architecture, dont le ministère de la culture exerce la tutelle.

Deux écoles d'architecture, celles de Bretagne et de Languedoc-Roussillon, ont joué un rôle pilote, par une action pédagogique destinée aux étudiants de 3^{ème} cycle sur l'année universitaire 2002/2003.

Cette action se continuera à partir de la rentrée 2004 par la mise en œuvre, dans le cadre de la réforme « 3-5-8 » du cursus de formation sur laquelle travaillent les écoles d'architecture, d'un module de formation pour les élèves architectes.

Cette sensibilisation des futurs architectes à la question de l'accessibilité pour tous, doit à notre avis se prolonger par une intégration progressive d'outils, de modèles et de méthodes, dédiés à l'accessibilité, sur lesquels les professionnels doivent s'appuyer pour enrichir la conception architecturale.

Notre approche à ce problème, consiste à mettre en avant, la nécessité de ne pas traiter l'accessibilité a de façon éclatée et tardive, mais d'impulser une logique de fonctionnement de chacun, dans sa différence, en simplifiant, synthétisant et vulgarisant l'accès à l'information réglementaire, somme toute riche et complexe.

1. AXE DE LA RECHERCHE

1.1. TITRE

Spécification d'un outil d'assistance à la conception d'espaces accessibles.

1.2. PROBLÉMATIQUE

Contexte :

L'accessibilité concerne des constructions de natures diverses : ERP, lieux de travail, logements collectifs, etc.

L'objectif de ce travail est de proposer un modèle d'outil permettant la conception et la vérification de la qualité de l'accessibilité de projets de construction.

Il nous appartiendra donc de montrer l'apport des outils d'aide à la conception et à la vérification en terme de fiabilité d'efficacité et réduction des délais. Les questions qui se posent sont les suivantes :

- A quels textes se référer ? Comment s'articulent-ils entre eux?
- Quelles règles techniques mettre en œuvre ? En application de quels dispositifs de contrôle? Pour traiter quelle sorte de handicap?
- Enfin, comment amener l'architecte, dans le respect de ses intentions, à formuler des propositions architecturales qui prennent en compte les besoins des personnes à motricité ou perception réduite ?

1.3. MÉTHODOLOGIE

LA PREMIÈRE PHASE de ce travail est constitué d'une part importante d'enquêtes et de recherche d'information auprès des institutions et des professionnels du domaine et des modèles

d'accessibilité existants. Ce travail d'enquête comporte :

- Un état de l'art des modèles, des concepts et des outils dédiés à l'accessibilité.
- La description des étapes de vérification pour atteindre la qualité réglementaire.
- L'identification des acteurs qui interviennent sur l'accessibilité , leur rôle et les phases de leurs interventions.

UNE SECONDE PARTIE de ce travail concernera la production d'un modèle structuré d'informations sur l'accessibilité, devant déboucher sur une tentative d'implémentation dans un outil, afin d'en valider le principe. L'objectif est de proposer un modèle de données et de fonctionnalités, de réaliser un prototype puis de le tester dans des conditions réelles de projet.

2. L'INFORMATIQUE DANS LE BÂTIMENT

2.1. L'ORGANISATION DE L'INFORMATION DANS LE PROCESSUS DE CONCEPTION ARCHITECTURALE

2.1.1. Des données multiples, des informations hétérogènes et des acteurs différents

Le secteur du bâtiment fait intervenir de nombreuses disciplines. Chacune d'entre elles a évolué indépendamment, utilisé des terminologies et des technologies propres et a mis en place des moyens spécifiques pour l'expression et la communication de l'information. Il en résulte de nombreuses difficultés pour ce qui concerne le partage de l'information entre les différents corps de métier. Pire encore, des pertes d'informations et des problèmes de communication existent au sein d'un même corps d'état. Le coût d'un projet de construction est ainsi affecté de manière significative par ces différentes ruptures dans la communication des données.

Le manque de support homogène dans le domaine du bâtiment est la conséquence directe de la multiplicité des acteurs et des phases du projet, mais aussi de la nature et du volume de l'information à échanger (plans, données, documents juridiques, techniques ou quantitatif, ... etc.) qui ne correspondent pas forcément au mode de représentation de chacun des intervenants.

Ainsi, par exemple, les données fournies par l'architecte à l'issue de la phase de conception architecturale, sont utilisées comme base de travail par ses partenaires, qui produiront à leur tour des données complémentaires mais de nature différente. Ces modifications apportées au schéma architectural, (dimension des éléments constructifs, dispositions des ouvertures pour optimisation électrique ou fluide, etc.) peuvent

faire l'objet d'erreurs ou de mésententes, qui risquent de se répercuter sur la qualité de l'ouvrage; ceci qui contraint les concepteurs en général et l'architecte en particulier à alterner leur mode de représentation, en fonction des informations recherchées (plans et coupes pour l'APS; données de construction telles que le quantitatif des matériaux, la nomenclature des équipements secondaires, ... etc, pour les phases en aval de l'APD).

2.1.2. L'information réglementaire et législative

L'information réglementaire et législative occupe une place importante durant toutes les phases du projet, de la conception à la maintenance en passant par la réalisation. Cependant, la diversité de son contenu, sa richesse et son volume important provoquent des interrogations et une réelle difficulté d'accès de la part des professionnels.

Ces informations peuvent être réunies en trois thèmes :

- Les textes législatifs et réglementaires (codes, lois, décrets, arrêtés, ...) : sont relatifs aux différents types de construction et demeurent obligatoires.
- Les DTU et les normes homologués : sont obligatoires dans les marchés publics et contractuels dans les marchés privés.
- Les avis techniques, les certifications, les exemples de solutions et les règles de calcul : ne jouent qu'un rôle informatif et d'aide à la conception et à la mise en œuvre.

Aujourd'hui, grâce aux nouveaux supports et possibilités offertes par le multimédia (site Web, CD Rom, ... etc), l'accès à l'information réglementaire et législative est désormais plus facile. Ainsi, la recherche s'effectue désormais en langage na-

turel, l'interfaçage avec l'utilisateur devient plus intuitif, la mise à jour est plus régulière et la veille quotidienne sur l'actualité normative et réglementaire est facilitée. C'est le cas par exemple du CD-REFF¹ édité par le CSTB².

Le CSTB est d'ailleurs très actif dans ce domaine et explore de nombreuses voies, notamment dans le cadre de partenariats européens; l'objectif étant d'aboutir à des **offres personnalisées** en matière d'information technique et réglementaire.

2.1.3. L'échange d'information dans le bâtiment et son intérêt pour l'architecte

Le souhait récurrent d'une amélioration qualitative, exprimé par toutes les professions de la construction se heurtait aux impossibilités techniques d'échanger tout ou partie du projet.

En effet, si aujourd'hui chaque partenaire d'une opération de construction est informatisé, atteindre une nouvelle étape d'économie et de qualité suppose que les différents systèmes informatiques en présence, hétérogènes par nature, puissent échanger leurs données et leurs résultats. Et d'une façon encore plus ambitieuse, puissent être capables de se partager simultanément l'accès à une représentation unique du Bâtiment.

C'est donc un passage progressif de **l'échange de fichiers de plans à l'échange d'objets**, qu'est en train de vivre le secteur du bâtiment.

Pour ce faire plusieurs pratiques ont été remarquées ou expé-

rimentées dans ce domaine : l'envoi d'un fichier attaché DXF (pratique courante), l'utilisation des armoires à plans (pratique éprouvée) et la gestion de projet en ligne (pratique émergente).

L'exploitation des nouvelles technologies de l'information dans le secteur de la construction a permis, après une quinzaine d'années d'investigations, l'émergence du standard international IFC³ proposé par l'IAI⁴.

Ce standard devenu « norme » a pour finalité la modélisation technique du bâtiment sous forme de base de données exploitable en interne, échangeable, et pour bientôt, partageable entre les différents logiciels des métiers du secteur.

Il ne s'agit plus d'échanger seulement du dessin, mais aussi des composants et des ouvrages du bâtiment, (c'est à dire les objets avec leur descriptif intégré) incluant toutes les informations techniques et relationnelles associées.

La modélisation du projet devient donc un système d'information dont chaque partenaire ne retient que la « vue » métier dont il a l'usage.

L'architecte détient désormais une position clé pour la mise en pratique de cette nouvelle technologie.

S'il possède la maîtrise d'outils de CAO compatibles avec cette norme⁵, il est le mieux placé pour initialiser la base de données d'échange. Il peut en tirer un profit supplémentaire, qualitatif et économique, en interne dans la phase de conception du projet, en plus d'espérer mieux maîtriser la coordination avec ses partenaires.

1. CD-Reef : CD-Rom contenant les textes techniques et réglementaires du bâtiment, actualisé quatre fois par an.

2. CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment.

3. IFC : Industry Foundation Classes

4. IAI : International Alliance for Interoperability

5. Les principaux éditeurs des logiciels de CAO reconnaissant les IFC, les plus couramment utilisés en France sont : (**Autodesk** avec Autocad, **Microsoft** avec Visio, **Graphisoft via Abvent** avec Archicad.)

Il s'agit bien pour l'architecte d'optimiser d'abord l'étude de son projet avec cette nouvelle génération de logiciels de CAO, puis ensuite d'échanger ce projet dans une procédure profondément modifiée de conduite des études de maîtrise d'œuvre.

Pour partager ces données, il faut reconnaître les points de vue de ses partenaires et pour cela l'architecte reste l'acteur pivot. C'est une opportunité pour lui de renforcer sa position dans le déroulement des études.

Les bénéfices attendus d'un bon échange d'information sont :

- **Réduire les durées des études et améliorer la productivité des intervenants** (dépasser les seuils existants)
- **Résoudre bon nombre de problèmes de coordination** (environ 10 milliards d'Euros gaspillés chaque année en France, conséquences de malfaçons résultantes d'une mauvaise coordination)
- **Accéder enfin à une véritable ingénierie concurrente ou interopérable** (un objectif réputé inaccessible dans le secteur du Bâtiment)
- **Délocaliser les études** (l'éclatement géographique des partenaires devient une contrainte incontournable dans certaines opérations)
- **Permettre une participation des petites structures** (qui sont majoritaires dans l'économie du secteur du Bâtiment)
- **Agir aux différentes étapes de la vie d'un bâtiment** (détenir un modèle du bâtiment sous la forme d'une base de données centralisée exploitable tout au long de sa vie)
- **Autoriser des économies tout en améliorant la qua-**

lité de production de tout un secteur d'activité.

Ceci engendre, une retombée à moyen terme : doter enfin le secteur de la construction, au niveau mondial, **d'une norme descriptive de tous les éléments physiques et méthodologiques du Bâtiment.**

Ce « langage » produisant un effet corollaire : doter notre secteur **d'une base scientifique et technique de référence qui lui manquait !**

2.2. L'INFORMATIQUE ET LE SECTEUR DU BÂTIMENT

Comme dans tous les secteurs industriels, l'informatique est désormais une composante fondamentale de la qualité, de la productivité et de la compétitivité des acteurs du bâtiment. Même si le papier conserve sa primauté, les technologies de l'information et de la communication gagnent du terrain et le bâtiment se convertit progressivement à l'E-Construction⁶.

Aujourd'hui, les solutions informatiques se multiplient pour aider les acteurs de la construction dans leurs tâches de travail. Ces logiciels sont adaptables aux particularités des entreprises (conception, calcul, gestion, ...etc.) et par un gain de temps, une organisation du travail et une bonne communication entre acteurs, débouchent sur une amélioration de la productivité.

2.2.1. Les TIC⁷ et l'e-construction

Il est vrai que le BTP a la réputation d'être un secteur qui évolue lentement. Cependant dès que ses acteurs ont compris l'utilité des nouvelles technologies, tout va très vite. L'éclate-

6. E-Construction : Se structure en 3 catégories :
 -l'Information (accéder à l'information réglementaire, juridique et technique)
 -la Communication (échange de données avec les partenaires, gestion de projet en ligne...)
 -Le Négoce (e-commerce, transactions en ligne...)

7. TIC : Technologies de l'Information et de la Communication.

ment des intervenants dans la construction rend sans doute le défi des nouvelles technologies de l'information et de la communication plus difficile à relever que dans d'autres secteurs. Mais c'est pour cette même raison qu'elles ont un rôle majeur à y jouer.

Accéder à une information technique et réglementaire personnalisée et actualisée, comparer les produits et les acheter en ligne, approvisionner un chantier, partager et gérer un projet de conception en temps réel sur Internet, mais aussi concevoir, visualiser et modifier un projet de construction grâce aux techniques de réalité virtuelle, tels sont les possibilités actuelles et futures qu'offrent les nouvelles technologies de l'information et de la communication et en particulier Internet.

Selon un sondage du Moniteur publié dans un numéro spécial Internet⁸, 50 % des maîtres d'ouvrage, 59 % des maîtres d'œuvre et 53 % des entreprises de BTP utilisent Internet quotidiennement. Le nombre de sites consacrés au bâtiment s'accroît ainsi de façon exponentielle⁹: places de marchés, sites portails offrant des services, des conseils et de la vente en ligne, plate formes de gestion de projets en ligne...

2.2.2. Les logiciels métiers et la conception architecturale

La diversité des acteurs du bâtiment et la représentation floue, parcellaire ou trop globale de ce que peut être l'informatisation du processus de conception, qu'elle soit architecturale ou pas, a engendré la production d'outils complémentaires dédiés à des domaines d'application délimités, rationalisant ainsi la répartition des tâches des différents partenaires de l'acte de construire et la logique de travail de chacun.

L'architecte, au cours d'un projet, ne raisonne pas seulement dans un espace géométrique; il raisonne aussi dans un espace architectural où les objets et leurs relations sont chargés de sens. Le dessin technique, les descriptifs, les quantitatifs, ne sont que des outils particuliers de l'activité de projet. L'architecte utilise d'autres formes de représentation graphiques (croquis, schémas, ...) et non graphiques (textes, maquettes, ...) qui toutes concourent à la définition de la sémantique complexe des objets architecturaux. Or, les outils de CAO ont longtemps été des outils d'assistance au dessinateur technique et au métreur descripteur, sans aucunement assister ni l'architecte «créateur», ni même le projeteur.

Cette restriction des domaines d'assistance a causé une fragmentation de l'utilisation de l'outil informatique dans le processus de projet (visuel, technique, production), et une conception sous contraintes dès les premières phases du développement du projet, ce qui ne correspond pas aux caractéristiques de l'esquisse architecturale qui se fait, selon nous, en gardant une vision globale du projet à réaliser.

Ce problème a poussé les industriels et les chercheurs à réfléchir sur un outil informatique qui prend en compte la non monotonie du processus de conception architectural, qui réagit aux actions et aux stratégies, différentes d'une phase à une autre et d'un acteur à un autre, tout en gardant une continuité dans le développement du projet.

C'est ainsi que nous voyons émerger sur le marché des outils¹⁰ qui :

- prennent en compte les particularités de la première phase de la conception architecturale (grande flexibilité et simplicité dans le processus de saisi et de représenta-

8. LE ROUX Dominique.- in : Moniteur (Le), n°5061, 24/11/2000, 7p.- B6530/n°10205.-

9. Voir Annexe bibliographique3.

10. Architectural studio d'Autodesk, SketchUp d'Abvent

tion du projet au stade de l'esquisse, liberté de dessin et de manipulation dans l'espace, interface simple et accessible...etc);

- conservent l'ensemble des informations générées, pour s'en servir comme entrée vers les autres logiciels de CAO traditionnels grâce aux passerelles offertes lors des étapes d'import/export de fichiers.

Par ailleurs une autre tendance est observable, il s'agit de créer un outil de conception pour les grands projets, c'est à dire adapté aux projets vastes et complexes avec tout ce que cela peut suggérer comme particularité: travailler séparément sur plusieurs sous-projets avant de les associer, multiplication des présentations et des visualisations propres à chaque étape du projet, partage des données, création de documents de construction intégré, réalisation d'animations en images de synthèse servant à faciliter la communication autour du projet entre l'équipe et le client...etc. « Autodesk » a fait le pari de cette stratégie informatique et propose ainsi «Autodesk Revit» qui grâce à ses outils, modèles et contenus (objets de bibliothèque et gabarits) devient le premier logiciel de conception et de documentation architecturale spécialement développé pour le marché français.

Il est important de souligner que ce « virement de bord » ne risque nullement de mettre en péril les logiciels de CAO traditionnels¹¹, vu leur puissance et leur qualité de développement, mais peut contribuer à leur évolution dans le sens « d'un vrai » outil de Conception Assisté par Ordinateur, en appréhendant la conception architecturale « *comme phénomène complexe et non comme connaissance mathématisable* ». [Boudon,1977]

Une vraie assistance de l'architecte consisterait alors en une interaction permanente « *selon les différents modes de travail du projet (programmation, conception, évaluation) et lui permettre de contrôler cette assistance selon différents points de vue (usage, économique, constructif, morphologique, culturel...)* et différents niveaux de définition de l'ensemble, de l'édifice, des divisions, des éléments et des constituants. » [Hanrot, 1989].

2.2.3. Les logiciels techniques et de calculs

C'est d'abord l'impératif économique qui amena les ingénieurs du bâtiment à recourir à l'outil informatique, afin d'accroître leur productivité et leur flexibilité sur le marché du bâtiment.

Cette mutation a pris ses origines bien avant l'apparition d'un marché de logiciels CAO/DAO, si bien que beaucoup ont dû développer eux-mêmes les logiciels répondant à leurs besoins. Il y a une spécificité des besoins de ce corps de métier qui va au-delà de leur demande d'outils de calculs.

En effet, les critères de qualité des plans pour un bureau d'études sont différents de ceux d'un architecte ; certaines données liées à un plan d'exécution ne sont pas nécessaires à l'entreprise alors qu'elles sont indispensables aux bureaux d'études. De même, un bureau d'études conçoit traditionnellement en 2D, alors que l'architecte travaille en 3D.

Ainsi, on peut trouver sur le marché des logiciels CAO/DAO couplés à des solutions mathématiques comme « Mathcad », ou « Robobat » pour le calcul des éléments finis,

11. ADT d'Autodesk, Archicad d'Abvent, Allplan FT de Nemetchek, Arc+ de Aca Europe...etc

« Advance » fonctionnant sur « Autocad » pour la conception béton ou charpente métallique, Eiffel pour les études relatives à la stabilité des ouvrages et « Trnsys »¹² ou « Acoubat-sound »¹³ pour la simulation thermique et acoustique.

Une fois de plus, le problème de format d'échange se pose et de façon sérieuse puisque, contrairement aux logiciels CAO pour l'architecture, peu de logiciels techniques prévoient des possibilités d'échange en IFC. En effet, la majorité de ces logiciels freinent le développement de solutionsinteropérables puisqu'ils s'appuient sur leur propre modèle de données pour la simulation.

2.2.4. Les logiciels descriptifs et quantitatifs du projet

De plus en plus, les logiciels de CAO à l'attention de la maîtrise d'œuvre intègrent des modules de métré, d'estimatif, de description de l'ouvrage, de suivi de chantier, de décompte final et même de gestion d'agence.

Ces outils permettent l'informatisation et la rationalisation des documents écrits de l'architecte. Leur visée est de constituer une base de connaissances qui s'enrichit au fil des affaires et dont les collaborateurs peuvent disposer à tout moment, pour leurs tâches quotidiennes.

« Hyperarchi »¹⁴ fait partie de ces outils de gestion du projet et pilotage du chantier; il est basé sur une bibliothèque de documents et de modèles (descriptifs et prix, images, modèles de documents d'intervenants ou de contacts, de marchés, de notes d'honoraires, de pointages ou de notes de frais), et assure la réalisation des pièces écrites techniques

(CCTP, bordereaux, devis et autres courriers administratifs et commerciaux pour une affaire).

Il accompagne le projet dans sa totalité, à toutes les étapes, depuis l'estimatif jusqu'au décompte final.

D'autres éditeurs logiciel se sont basés sur des outils standards pour développer leurs applications (e.g. « Bâtimax »¹⁵ qui nécessite la présence de la « suite Office » de « Microsoft » pour son fonctionnement).

Bien qu'ils soient différents dans leur architecture, ces deux logiciels (« Hyperarchi » et « Bâtimax ») prévoient un chaînage avec les logiciels de CAO qui exportent un fichier-métré, lequel est traité pour l'édition du bordereau des ouvrages classés par lot et par poste, avec leur quantité et leur montant. La correspondance entre la CAO et ces deux logiciels est librement établie par l'utilisateur. La modification du Plan après la conclusion d'un Marché génère automatiquement les Avenants et les O.S.

Ces deux volontés commerciales révèlent bien les différences existantes entre les méthodes de travail des architectes, puisque certains ont besoin de ces outils durant les dernières phases de conception alors que d'autres n'y font appel qu'une fois la conception générale figée. Cependant, ces deux volontés se basent sur la modélisation pour générer les pièces écrites.

2.2.5. Les logiciels de gestion du patrimoine

La gestion du patrimoine est une pratique très ancienne dans les entreprises (aussi appelée parfois « services généraux »).

12. Solution logiciel pour la simulation dynamique (simulation du comportement détaillé d'un système dans le temps).

13. Logiciel de conception acoustique des bâtiments par l'écoute (évaluation des isolements acoustiques aux bruits aériens et aux bruits d'impacts dans le bâtiment)

14. Edité par Abvent

15. Edité par Archic et développé sous 4D (base de donnée relationnelle orientée objet).

Elle recouvre plusieurs fonctions dont les deux plus importantes sont d'ordre:

- économique : réduction des coûts d'exploitation, suivi de la maintenance et de l'entretien, gestion des actifs et passifs de l'entreprise ...etc.
- dynamique : occupation des locaux en fonction des mouvements du personnel (déménagement ...etc.) ou des évolutions d'activités.

Les outils qui se disent de gestion de patrimoine sont les « CAFM : Computer And Facilities Management »

L'idée de modéliser un patrimoine pour tous les acteurs dans un référentiel unique, est simple dans son principe, mais s'avère beaucoup plus complexe dans la réalité où les différents points de vue des intervenants peuvent parfois apparaître très éloignés.

Pour ce faire, les logiciels reposent sur une démarche consistant à :

- proposer un modèle de données à trois composantes (technique, spatiale et fonctionnelle),
- le confronter et le valider auprès des différents acteurs
- assurer finalement la cohérence et la validité des informations en rédigeant le cahier des charges de l'application logicielle « Référentiel patrimonial ».

3. ACCESSIBILITÉ : NOTIONS ET POINTS DE VUES

3.1. DÉFINITION DE L'ACCESSIBILITÉ

« Elle caractérise le fait que tous les lieux et les moyens d'y accéder sont accessibles à tous. Erigée en tant que droit universel, elle exclut tout aménagement spécifique (accès, circuits différents, etc.). L'accessibilité concerne les lieux et tout particulièrement l'articulation entre eux, elle renvoie à la capacité des acteurs de l'habitat et de la ville à coordonner leurs interventions pour offrir des aménagements utiles à tous¹⁶ ».

Ce texte est pertinent par son allusion à la distinction qu'il faut faire entre adaptabilité et accessibilité, et la nécessité de coordination entre les différents acteurs de la construction pour une continuité du confort d'usage.

A partir de cette définition, nous pouvons en conclure ce qui suit : « est réputé accessible, tout établissement ou installation offrant à ses usagers, notamment à ceux présentant un handicap ou vivant une situation de handicap, la possibilité, dans des conditions normales de fonctionnement, de pénétrer dans l'établissement ou l'installation, d'y circuler, d'en sortir et de bénéficier de toutes les prestations offertes au public en vue desquelles cet établissement ou cette installation a été conçu ».

3.2. LES NOTIONS DE HANDICAP ET DE SITUATION DE HANDICAP

Selon le dictionnaire Larousse le mot handicap, au figuré, signifie : « désavantage quelconque ». En revanche le Robert donne la définition suivante : « désavantage, infériorité qu'on doit supporter ». Donc, à cette notion de désavantage

est venu s'ajouter un commentaire qui résume l'idée que l'on se fait encore souvent : le handicap rend inférieur, il est subi par l'individu et on (personne, entourage, société?) doit le supporter .

Par ailleurs, dans la phrase d'André Maurois, à propos de George Byron¹⁷ : « Il aimait à nager, et à prolonger. Dans l'eau son infirmité cessait d'être un handicap » implique la suppression du handicap par le milieu, ici l'eau. Ainsi on parle de handicap physique lorsqu'il n'y a pas adéquation entre les aptitudes de la personne et l'aménagement des espaces.

En effet dans un aménagement accessible, le comportement d'une personne handicapée est rendu sensiblement identique à celui d'une personne valide, et à l'inverse, un aménagement non accessible peut pénaliser des personnes valides. Cela distingue le handicap proprement dit de la situation de handicap.

« Cette manière de voir est très proche de la définition de handicap donnée par l'Organisation Mondiale de la Santé, qui fait la distinction entre l'infirmité, laquelle est une caractéristique individuelle, les troubles fonctionnels résultant de cette infirmité (visuels, auditifs, moteurs, intellectuels, etc.) et le handicap qui, lui, est une conséquence sociale de l'infirmité ou du trouble fonctionnel. Cette conception – qui en fait transfère le handicap de l'individu à son entourage – est d'une importance capitale, car elle fait incomber à toutes les institutions collectives ou privées, la responsabilité de veiller à ce que les activités qu'elles organisent soient accessibles au plus grand nombre possible d'individus. »¹⁸

16. Philippe DARD Sociologue au CSTB

17. Poète anglais souffrant d'un pied-bot

18. aide aux personnes handicapées en Suède, Institut Suédois, 1980.

3.3. LES NOTIONS DE REPÈRE ET D'ORIENTATION

L'accessibilité dans l'architecture est sensiblement liée à la notion de repère qui constitue une aide à l'orientation, nécessaire à l'intérieur comme à l'extérieur du bâtiment.

Le besoin de se repérer et de s'orienter varie selon que l'on connaît les lieux ou que l'on se déplace dans un environnement inconnu. Pour satisfaire ce besoin, il est fait appel à des fonctions sensorielles (essentiellement la vue, mais également l'ouïe) et intellectuelles (lecture d'un plan ou de la signalisation, mémorisation d'indications, recherche de repères...), parfois explicitement mobilisées mais le plus souvent utilisées de façon non consciente. Le mode de déplacement influe fortement sur les fonctions mobilisées par l'utilisateur (rapidité d'exécution et anticipation pour l'automobiliste, temps de réflexion pour le piéton...). A noter que le besoin de repérage et d'orientation influe fortement sur le confort psychologique des usagers (l'inquiétude par exemple).

Ainsi et dès la phase de conception d'un projet les notions de repère et d'orientation doivent être intégrées à la réflexion

3.3.1. La notion de repère :

Un repère est fixe, constant, singulier, identifiable. Il est la convergence d'indices sonores, tactiles et visuels caractéristiques et fiables qui définissent un trajet. Les repères environnants ne doivent pas être confondus avec d'autres.

Un projet accessible à tous doit faciliter le repérage de façon à permettre à chacun de s'appropriier le lieu, l'usage et

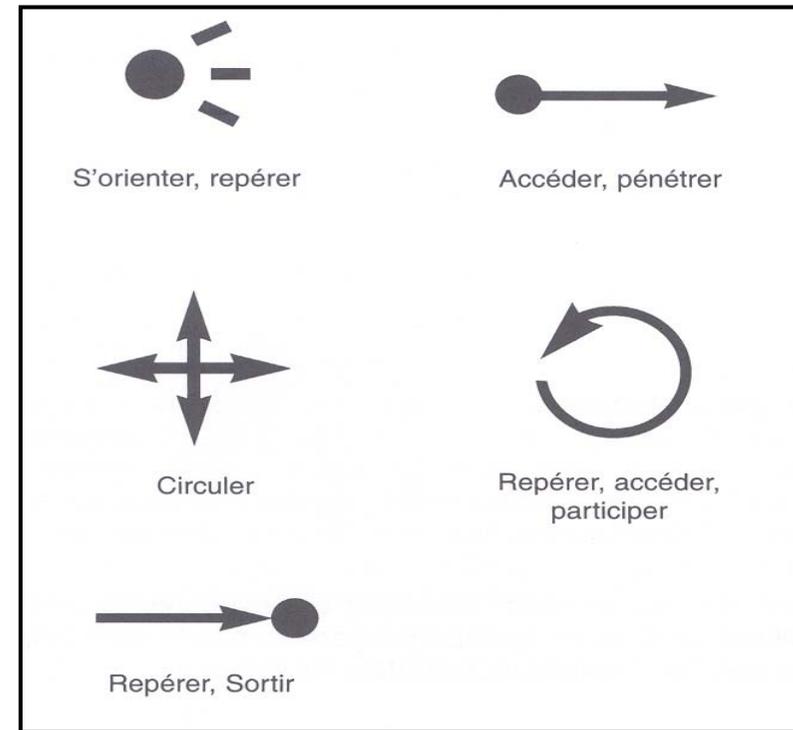


Fig-1 : Pictogrammes de déplacement

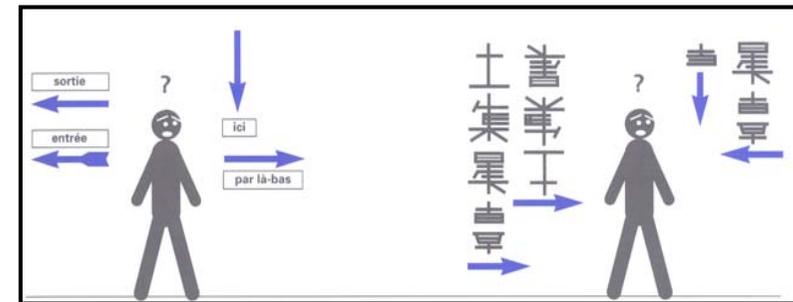


Fig-2 : S'orienter, se repérer dans la ville pour certains usagers c'est un peu comme être perdu dans grande ville en chine

sa principale destination dans un premier temps, ainsi que l'accès principal dans un deuxième temps : « Je ne cherche pas à accéder au bâtiment tant que je n'ai pas repéré le bâtiment »

3.3.2. La notion d'orientation :

S'orienter c'est pouvoir et savoir traverser la ville, pouvoir et savoir utiliser les transports en commun. Pour certains usagers, la possibilité de préparer le déplacement constitue un besoin particulièrement important. Il s'agit de s'informer au préalable sur la praticabilité de l'itinéraire, de repérer les places de stationnement, de se renseigner sur les modes de transport adaptés disponibles.

Les grands principes d'aide au repère et d'orientation reposent sur un traitement qui permet aux usagers d'être renseignés et orientés dès qu'ils se trouvent dans le périmètre de proximité du bâtiment (les arrêts de bus, les stations de métro ou de tram, les places de parking ou les déposes minutes aménagés sur la voirie).

Ces notions sont tellement importantes qu'elles deviennent la clé de voûte du raisonnement d'intégration de l'accessibilité pour tous dans la conception architecturale.

3.4. LA NOTION D'OBSTACLE

L'obstacle est caractérisé par son effet de surprise de dernière minute. Contrairement au repère qui contribue à l'orientation, l'obstacle s'oppose au déplacement.

La réalité de l'obstacle constitue un aspect déterminant



Fig-3 : Aider la circulation des aveugles c'est leur éviter de rencontrer des obstacles qu'ils ne peuvent éviter

qui doit être intégré à la réflexion.

3.5. LA NOTION DE CONFORT

Le confort résulte d'une bonne perception des ambiances visuelles, acoustiques et climatiques, ainsi que de la perception des informations implicites (organisation du bâtiment et des espaces) et explicites (pictogrammes, annonces ...)

3.6. L'ACCESSIBILITÉ DU POINT DE VUE DE L'ARCHITECTURE

En architecture, la notion d'accessibilité doit être prise en compte dès la programmation, et l'œuvre de l'architecte doit recourir le moins possible aux artifices plaqués a-posteriori.

« Les professionnels de la construction et particulièrement les architectes n'ont pas à compenser les conséquences du handicap. Ils doivent concevoir un cadre bâti respectueux de l'autonomie de tous. Il est donc nécessaire de compléter les textes réglementaires par des dispositions qui tiennent compte de la diversité des individus.¹⁹ »

Aussi l'architecte se doit de faire des propositions architecturales qui prennent en compte toute sorte de déplacements, tous les cheminements possibles et ceci pour tout type d'usager.

Il convient donc d'insérer l'accessibilité dès la programmation architecturale, jusqu'à la livraison du bâtiment et « de privilégier le dialogue avec le maître d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre afin d'amener l'architecte, dans le respect de ses in-



Fig-4 : Un confort visuel permettrait de mieux détecter cet obstacle

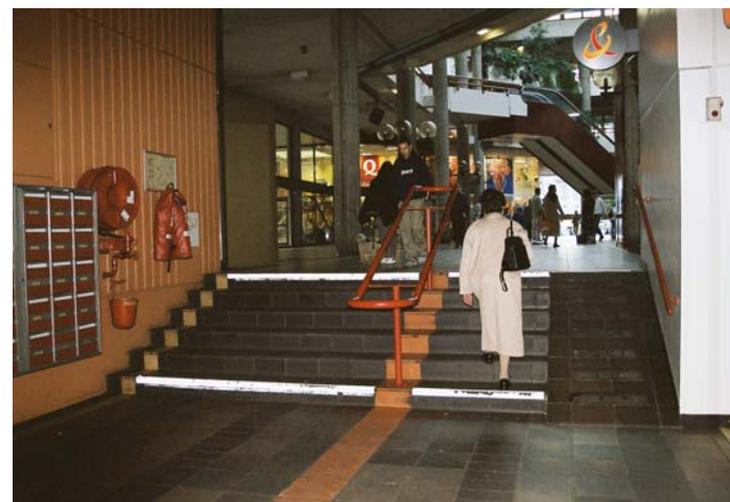


Fig-5 : Des bandes marquant la 1^{ère} et dernière marche participe à un confort d'usage et aide au repérage

19. Pascal DUBOIS, coauteur avec Farida Falek du « *guide pratique sur l'accessibilité pour la conception et la réalisation des opérations* » édité par le bureau d'études effiACCES.

tentions, à formuler des propositions architecturales qui prennent en compte les besoins des personnes à motricité réduite : malentendants, malvoyants, déficients intellectuels, etc. Sans oublier l'enfant, ses parents et grands parents. »²⁰. En résumé « L'architecture doit traduire la vie et les exigences humaines »²¹.

Ainsi, tenir compte des diversités des usagers peut conduire au delà des dispositions strictement réglementaires.

3.7. L'ACCESSIBILITÉ DU POINT DE VUE DE L'USAGER

Dans la diversité de la population, certains usagers se révèlent plus vulnérables que d'autres à des situations de handicap et à certains risques.

En effet une même situation (même usage dans le même espace) peut être vécue de façon différente selon les aptitudes ou les déficiences de l'utilisateur.

3.7.1. La diversité des usagers :

Nombreuses sont les personnes qui rencontrent des gênes, des limites, pour se déplacer, repérer les lieux, entendre les interlocuteurs, lire la signalisation. Cela peut se traduire par des tensions, de l'énerverment, de la frustration, de la fatigue et parfois même du danger !

L'utilisateur est aussi bien un enfant, une personne âgée, une personne handicapée...

Il peut se déplacer « les mains dans les poches », transporter des valises, subir une incapacité temporaire ou un handicap

permanent, avoir un comportement insouciant ou soumis à une pression (stress, retard, sentiment d'insécurité).

Ce qui est vrai pour tout usager prend une dimension encore plus forte pour les personnes porteuses d'un handicap : personnes handicapées motrices ou à mobilité réduite (dont personnes âgées), personnes aveugles ou malvoyantes, personnes sourdes ou malentendantes, personnes de petite taille...etc.

Ainsi les personnes vulnérables sont :

Usagers à motricité réduite

- Les utilisateurs de fauteuil roulant
- Les personnes à mobilité réduite

Usagers à capacités sensorielles limitées

- Les déficients visuels
- Les déficients auditifs

Usagers à aptitudes réduites

- Les personnes ayant des difficultés intellectuelles et psychiques
- Les personnes désavantagées par leur taille
- Les personnes âgées et fatigables
- Les enfants
- Les personnes chargées ou encombrées (sacs, paquets, poussette...)
- Les personnes distraites (ou pressées...)

Devant ces comportements et ces aptitudes (limitées, ou réduites), les bâtiments publics doivent offrir une réponse adaptée à cette diversité de fréquentation. Cela passe par un confort d'usage qui s'exprime par une conception visant à éviter de placer les usagers en situations de handicap.

20. Nadia SAHMI Architecte, consultante en accessibilité.

21. Louis-Pierre GROSBOIS architecte DPLG Urbaniste, enseignant à l'école d'architecture de Paris-la -villette.

3.7.2. Les besoins fondamentaux des usagers :

Ils se définissent par les trois points suivants:

Extérieur vers Intérieur

- Aller d'un point à un autre.
- s'orienter/se repérer, accéder/pénétrer.

Intérieur

- Accéder aux services
- Etre et se sentir en sécurité
- Communiquer/se récréer/participer.

Intérieur vers Extérieur

- Sortir

En résumé, du point de vue de l'utilisateur, l'accessibilité s'apprécie dans les différentes phases de son déplacement réel dans le bâtiment :

- De l'extérieur vers l'intérieur du bâtiment.
- A l'intérieur du bâtiment.
- De l'intérieur vers l'extérieur du bâtiment.

3.7.2.1. DE L'EXTÉRIEUR VERS L'INTÉRIEUR DU BÂTIMENT : S'ORIENTER / SE REPÉRER, ACCÉDER / PÉNÉTRER

L'accessibilité d'un bâtiment est conditionnée par la qualité de traitement de son environnement. Ainsi, la qualité d'accessibilité des bâtiments n'a aucun sens si ce dernier n'est pas accessible depuis l'extérieur.

En effet, on ne peut accéder à un bâtiment tant qu'on ne l'a pas repéré. Ainsi, l'aide à l'orientation de l'utilisateur, par



Fig-6 : Ext/Int : s'orienter/se repérer



Fig-7 : Intérieur : participer



Fig-8 : Int/Ext : sortir

exemple depuis les transports en commun, passe par la mise en place de bornes d'appel, bornes de rue et bornes sonores ou par des repères podo-tactiles...etc. Ces mesures de localisation visuelles, auditives et tactiles ne dispensent pas de supprimer les obstacles physiques sur le cheminement principal qui mène à la porte d'entrée.

Les différentes rubriques résumant ce besoin de déplacement sont :

Le stationnement : Dès lors qu'un établissement offre des places de stationnement automobile, des places adaptées aux besoins des personnes handicapées, en nombre suffisant, doivent être prévues. Elles doivent être en permanence reliées à l'établissement via un cheminement praticable par une personne en fauteuil roulant.

Le cheminement extérieur : grâce à un minimum d'informations auditives, sensibles ou visuelles il permet de se faire une représentation mentale du trajet à effectuer pour accéder au bâtiment. Le projet architectural est d'autant mieux repéré par l'utilisateur que sa singularité, par rapport à l'environnement, permet de l'identifier rapidement, dans le respect d'une identité culturelle inscrite dans l'inconscient collectif.

Que ce soit à l'extérieur ou à l'intérieur d'un bâtiment, un même cheminement doit être utilisé par tous les usagers. Toutefois, il est important de choisir un type de sol qui ne crée aucune situation de danger ou de pénibilité, voir d'impossibilité pour certains usagers (personnes âgées, en fauteuil roulant, avec béquilles,...).

L'entrée du bâtiment : se doit d'être un signifiant visuel inscrit sur la façade : rupture de ligne, de couleur, de contraste ou/et



Fig-9 : Stationnement



Fig-10 : Usagers différents mais cheminement unique



Fig-11 : Entrée = signifiant visuel fort de la façade

de matériaux. Une situation de grande difficulté intellectuelle peut être aggravée lorsque le bâtiment présente plusieurs portes identiques alors que seulement l'une d'entre elles donne accès au hall principal. Donc l'entrée doit être aussi facile à atteindre et à localiser que possible (visuellement, tactiquement, ...).

3.7.2.2. A L'INTÉRIEUR DU BÂTIMENT : ACCÉDER/PÉNÉTRER, REPÉRER/SE REPÉRER, CIRCULER/PARTICIPER.

- **Accéder**, c'est prévoir un cheminement, un seuil facile d'accès et sans obstacle. La qualité de traitement des accès est primordiale.
- **Pénétrer** dans un bâtiment, c'est ne pas être confronté à un système de contrôle d'accès inaccessible ou inadapté pour des personnes sourdes, aveugles ou mal voyantes. C'est aussi ne pas être bloqué ou ennuyé par une porte trop lourde et non automatisée.

Si l'on peut accéder physiquement à l'entrée principale d'un bâtiment, y pénétrer n'est pas toujours chose aisée. Ainsi, aucun obstacle matériel ne doit embouteiller ni le cheminement principal qui conduit à la porte d'entrée, ni l'entrée elle même.

- **Repérer, se repérer** pour comprendre, s'approprier, utiliser, pratiquer, se reposer. La logique du parcours intérieur et les directions à prendre reposeront donc en grande partie sur la lisibilité, l'identité des espaces associées à leur contenu et l'intelligence de leur traitement.
- Avant de **circuler** dans le bâtiment, il faut chercher le moyen de s'orienter dans les lieux, aller à leur découverte, situer le point de départ par rapport au lieu de



Fig-12 : Une porte lourde et non automatisé constitue un vrai obstacle

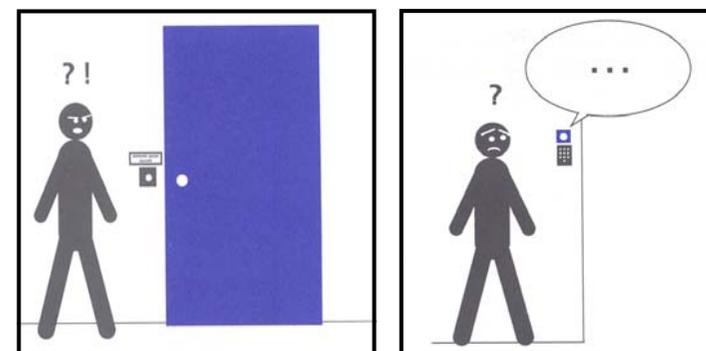


Fig-13 : Les systèmes de contrôle d'accès, doivent être bien mis en lumière et utilisables par tous les usagers.

destination. Si la logique du concepteur est comprise, la représentation mentale de l'espace est facilitée, la signalétique n'apportant dès lors qu'un complément d'information. C'est à ce niveau d'interprétation des lieux que la notion d'ambiance acoustique, visuelle et sonore prend toute son importance.

- **Participer**, établir une relation avec son environnement de proximité, c'est aussi provoquer un état émotionnel non verbal (que le corps exprime par le sourire, les larmes, la chair de poule), qui est induit par la forme, la couleur, la luminosité des bâtiments.

L'architecture relève, comme la musique, des signaux cinesthésiques (perception globale résultant d'un ensemble de sensations internes).

Penser accessibilité pour tous au sens de notre participation à la société, c'est contribuer à ouvrir une porte sur cette société parce que l'accessibilité conditionne la communication entre les dits « valides » et les dits « invalides ».

Les trois rubriques intervenant dans cette phase de déplacement sont:

La circulation horizontale : doit faciliter les déplacements en supprimant ou compensant les obstacles et les passages de seuils

La circulation verticale : doit contribuer à rassurer l'utilisateur (âgé, sourd, handicapé mental ou autre). Les changements de niveaux posent à la montée comme à la descente des problèmes de repérage avec en plus, à la descente, un problème de



Fig-14 : Franchir une porte quand on est en fauteuil roulant, cela ne demande pas uniquement une largeur de passage

sécurité. Un escalier, comme tout obstacle, demande un changement de comportement. Il est donc nécessaire d'annoncer la présence des escaliers par une main courante débordant les volées de marches.

Les équipements : certains usagers (personnes en fauteuil roulant, enfants, personnes de petite taille) n'atteindront pas le sèche-mains, le robinet du lavabo, les poignées de portes, les commandes, ... si ces aménagements sont mal placés, notamment s'ils sont placés trop haut. Les contraintes dimensionnelles du fauteuil roulant ou la perte de motricité des personnes doivent être prises en compte pour permettre à l'utilisateur d'accéder et d'utiliser tous les équipements prévus.

3.7.2.3. DE L'INTÉRIEUR VERS L'EXTÉRIEUR DU BÂTIMENT : SE REPÉRER/SORTIR.

- **Sortir** c'est rejoindre facilement les zones sécurisées, sortir de plain pied. Il faut donc veiller à la qualité d'une signalétique visuelle, sonore, tactile de toutes les sorties de secours en étage et au rez-de-chaussée.

La sortie : en terme d'issues de secours, ce passage de l'intérieur vers l'extérieur demeure une préoccupation car il n'est pas rare d'être arrêté par deux ou trois marches devant ou derrière une porte de sortie de secours. Les circulations menant aux zones d'attente sécurisées doivent rester libres de tout obstacle et sans rupture de seuil.



Fig-15 : Les règles d'accessibilité constituent une base permettant d'éviter des situations de handicap

conclusion

En conclusion, la notion d'accueil de tous les publics est primordiale. Il s'agit de rendre les espaces bâtis compréhensibles et accessibles à la plus grande partie des usagers, ce qui ne devient possible que lorsque l'on adapte les parcours de visite et le contenu aux exigences physiques, psychiques et intellectuelles du plus grand nombre.

En plus il faut défendre la créativité de l'architecte et sa richesse d'interprétation des lieux, et éviter l'uniformisation de la réponse à apporter. D'autant que l'uniformisation est source de perturbations et de pertes de repères.

Le geste architectural qui défend une ligne pure n'est pourtant pas à proscrire. Mais il demandera néanmoins à l'architecte un effort supplémentaire de réflexion et très probablement la mise en place de solutions compensatrices finement inscrites dans les lieux ou dans les murs.

Enfin il s'agit de savoir s'adapter à l'environnement socio-culturel de chacun. La réponse ne sera pas la même dans une société orientale, occidentale ou africaine.

4. ETAT DE LA VÉRIFICATION DE L'ACCESSIBILITÉ

Chaque projet étant par essence une œuvre unique, il faut à chaque fois réinventer les solutions adaptées aux nouvelles configurations tout en respectant la réglementation. L'hétérogénéité des données à vérifier a elle aussi contribué au développement d'une démarche basée davantage sur l'inférence que sur le raisonnement, pour la vérification de l'accessibilité.

4.1. DES DONNÉES RELATIVEMENT UNIVOQUES

Il s'agit d'informations quantitatives et géométriques des éléments du bâtiment tel que la largeur d'une porte, l'inclinaison des pentes et dévers ou la hauteur d'un ressaut. Pour leur vérification, des algorithmes peuvent facilement être mis au point.

4.2. UNE MÉTHODE EMPIRIQUE

Outre ces informations quantitatives, les responsables de la vérification accessibilité disposent d'outils graphiques permettant de vérifier d'un coup d'œil la viabilité des projets. Les patrons, gabarits ou épures imprimées sur calque, sont un moyen de contrôle aussi simple qu'efficace. Cette méthode est toutefois entachée d'une série de limitations assez importantes :

- Chaque épure n'est caractéristique que d'un handicap.
- Nécessité de disposer de toutes les représentations du projet (plans, coupes, élévations,...).
- Impossibilité de la vérification pour les déficients auditifs, visuels et intellectuels.

En fin de compte, les seules transformations possibles de ces « gabarits » se résument aux manipulations de mise à l'échelle et de déplacement dans le plan à vérifier.



Fig-16 : Données quantitatives et géométriques

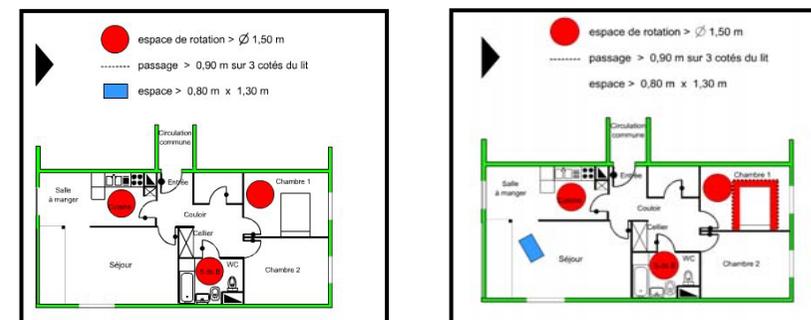


Fig-17 : Méthode empirique

On se trouve donc fréquemment dans des situations où faute d'outil approprié, on a recours à des marges de sécurité importantes. Dans certains cas, on a même recours à des essais en vraie grandeur !. Les investissements pour de tels essais sont évidemment conséquents au vu des moyens mis en œuvre (matériel, personnel, contraintes administratives).

Partant de ces considérations, une solution s'impose d'elle-même : le recours à l'informatique pour vérifier l'accessibilité tout en représentant l'utilisateur selon ses « dimensions de handicap ».

5. ETAT DE LA VÉRIFICATION REGLEMENTAIRE

Cette section présente les travaux qui ont été menés pour l'informatisation de la réglementation au niveau international.

De nombreuses recherches ont pour objectif l'informatisation de la vérification réglementaire d'un bâtiment pour faciliter la tâche des concepteurs. Celles-ci utilisent pour la plupart des Technologies de l'Information (IT) comme les modèles de produits, l'orienté objet, les Cd-rom, l'hypermédia, ...etc. Parmi ces nombreuses approches nous pouvons citer :

- « **NexpertObject** » par exemple est un système expert développé en Norvège. Ce système utilise une base de connaissances dans laquelle est transcrite la réglementation du bâtiment sous forme de règles. Le système analyse le bâtiment étage par étage, en inspecte la surface, la hauteur, ainsi que les activités et la capacité du public pour chaque étage. Pour ce faire plus de 250 règles, qui constituent la base de connaissances, sont exécutées, et le résultat généré par le système est spécifique à un étage.
- « **Fire Expert** » est un second exemple, développé cette fois par les finlandais et qui traite de la vérification réglementaire concernant spécifiquement la sécurité feu. Cet outil permet au concepteur d'évaluer différentes alternatives et scénarii attendant aux risques d'incendie. Ce système utilise la base de données finlandaise d'information sur les bâtiments « TELERATAS ». Le résultat de ce système est une description des aspects de sécurité incendie du bâtiment à joindre avec les documents nécessaires à l'obtention du permis de construire.
- Plus récemment, le projet européen « **ISTForCE** »²²

contient un module de vérification réglementaire pour des solutions de conception architecturale intégrées dans un environnement collaboratif. Ce module propose un service de vérification réglementaire qui repose sur une base de connaissances. Ce service aide les concepteurs à vérifier la conformité d'un projet de construction en effectuant de manière automatisée une partie des vérifications requises.

- Un projet similaires est le projet « **CORENET** »²³, qui est une initiative soutenu par le gouvernement de Singapour dans le domaine des Technologies de l'Information pour repenser les processus de l'industrie de la construction. L'objectif de ce projet est de fournir une vérification réglementaire automatisée fondée sur le modèle objet de bâtiment des IFC, qui permet l'approbation automatique des plans de bâtiment à travers internet.
- Une approche différente de cette problématique est de faciliter la recherche des concepteurs à travers le corpus réglementaire. Pour se faire Vanier propose un système de classification pour assister les utilisateurs de ces textes. Le « **Classification Système for the national Building Code of Canada** » est basé sur le vocabulaire et la terminologie des textes réglementaires du NBC pour formaliser une taxinomie des parties, des descriptions, et des caractéristiques de bâtiments. Au final, un modèle logique de la structure du contenu du NBC a été développé. Ce schéma a pour objectif de permettre d'extraire les documents concernant un projet spécifique.
- D'un autre côté le Cd-rom **LOQACCE** (Logiciel de sensibilisation à la Qualité de l'Accessibilité) développé par le

22. Intelligent Services and Tools For Concurrent Engineering : <http://www.istforce.com>.

23. the CONstruction and Real Estate NETwork project : <http://www.corenet.gov.sg>

CSTB, utilise le multimédia pour rappeler l'esprit des règles, aider à mieux comprendre les objectifs réglementaires, respecter les obligations et défendre les choix de solutions. Cet outil de formation et d'autoformation est organisé autour d'un « chemin de vigilance » balisant ainsi les règles selon le type de construction (ERP, Logements collectifs, ...etc.) et les éléments du bâtiment (stationnement, entrée, circulations, équipements, ...etc.).

- Dans le même objectif, les projets **FARTEC et ACSIS** fournissent un corpus numérisé dans un environnement logiciel pour faciliter l'extraction et la manipulation des textes réglementaires et techniques.
- D'autre part, **Cornick&AI**, propose d'intégrer un accès à la réglementation à partir d'un logiciel de CAO. L'approche choisie est de développer un système qui utilise à la fois les informations géométriques et non géométriques (réglementaires et techniques) concernant le processus de conception. Pour assurer la flexibilité du système, ces travaux proposent de séparer les modèles de références (objets de conception et relation entre ces objets) des impératifs ou contraintes techniques prescrites par la réglementation.
- Une autre réalisation similaire dans ce domaine s'illustre par **AutoTURN** qui est un logiciel de CAO qui simule l'évolution des véhicules routiers le long d'une trajectoire, et en génère l'épure de giration. Deux atouts majeurs en font un outil de premier ordre : d'une part sa simplicité, et d'autre part son intégration comme simple menu supplémentaire dans deux des logiciels de CAO les plus ré-

pandus, AutoCAD et MicroStation. Plusieurs bureaux d'études, des conseils généraux et des administrations se sont équipés de ce logiciel qui est devenu un outil de productivité à l'usage quasi quotidien. Qu'il s'agisse de l'évaluation de la viabilité des projets ou de leur élaboration, les applications sont multiples : carrefours classiques ou giratoires, parkings et rampes d'accès, arrêts de bus, zones industrielles, etc.

6. ETAT DE LA RÉGLEMENTATION ACCESSIBILITÉ

Les textes réglementaires concernant la qualité d'accessibilité existent depuis le 30 juin 1975. Vingt-huit ans plus tard, le fossé entre le principe et la réalité reste toujours ouvert, et la diversité des textes et leur technicité ne sont pas toujours d'une appréhension évidente. Ainsi l'accessibilité est en train de devenir un instrument de ségrégation sociale et spatiale, voir un facteur d'exclusion, d'où une préoccupation de plus en plus forte de la part des maîtres d'ouvrages et politiciens, et par voie de conséquence des autres intervenants de l'acte de construire, à commencer par la maîtrise d'œuvre.

A cet égard, il nous semble important d'allier le pragmatisme à la réalité des données réglementaires, souvent difficiles à ordonner, et ceci, en extrayant l'essentiel des grandes familles thématiques dépendant du champ d'application de la règle (Etablissement Recevant du Public, bâtiment d'habitation, lieux de travail, voirie et transports)

Pour se faire, notre première tâche fût de rassembler les textes réglementaires ayant trait à l'accessibilité. Pour cela, notre choix s'est porté sur le CD-Reef, outil de recherche et de consultation des règles techniques de la construction élaboré sur la base du REEF (Recueil des Eléments utiles à l'Etablissement et l'exécution des projets et marchés de bâtiment en France) conçu et réalisé par le CSTB avec le soutien du ministère chargé du logement. Il contient les règles techniques de la construction, les textes législatifs et réglementaires, les DTU (Documents Techniques Unifiés), les normes, les règles de calcul ainsi que les documents relatifs aux familles de produits sous Avis technique. Sa mise à jour tous les trois mois (pour tenir compte des dernières modifications) fait de lui un produit toujours d'actualité.

Après une recherche dans le CD-Reef basé sur le mot clé « accessibilité » nous avons pu mettre au point un corpus réglementaire et de la sorte construire une base de règles dont les documents sont les suivants :

- Arrêté du 24 Décembre 1980 modifié
- Circulaire n° 82-81 du 4 octobre 1982
- Arrêté du 31 mai 1994
- Arrêté du 27 juin 1994
- Circulaire n° 94-55 du 7 juillet 1994
- NF P 91-201 du juillet 1978

Ce travail a permis de dégager une évidence qu'est la difficulté d'accès et d'interprétation de l'information ainsi que la mixité des fonctions des projets qui pousse la réflexion sur les cas intermédiaires (quelle article appliquer sur une bâtiment à fonction mixte par exemple ?)

7. CHOIX D'UNE STRATÉGIE INFORMATIQUE

7.1. DEUX SOLUTIONS INFORMATIQUES, UN SEUL OBJECTIF :

Les précédents chapitres ont permis de définir nos choix pour la conception d'outil de vérification de l'accessibilité et d'aide à la décision architecturale. Deux solutions informatiques se sont imposées dès le début de notre réflexion :

7.1.1. Un outil de vérification de l'accessibilité au cours même de l'élaboration du projet

Intégré à un logiciel de CAO d'esquisse pour pouvoir détecter les problèmes d'accessibilité dès les premières phases du projet, cet outil exercera un contrôle à priori de l'accessibilité pour permettre une réduction des coûts et des délais. Cet outil devra être capable de sensibiliser l'utilisateur aux problèmes d'accessibilité grâce à une bibliothèque multimédia intégrée et traitant chaque article de la réglementation. Ainsi il pourra aussi jouer son rôle d'outil d'aide à la conception architecturale.

Cependant, cet outil remplira sa mission tant que l'information reste quantitative. Or l'ensemble de la réglementation d'accessibilité est hétérogène et contient aussi des informations subjectives qui méritent une simulation ou une certaine expérience du domaine (cas des déficients visuels, des personnes ayant des difficultés intellectuelles et psychiques, etc.).

La cible de cet outil comprend les concepteurs et les maîtres d'œuvre (architectes,..).

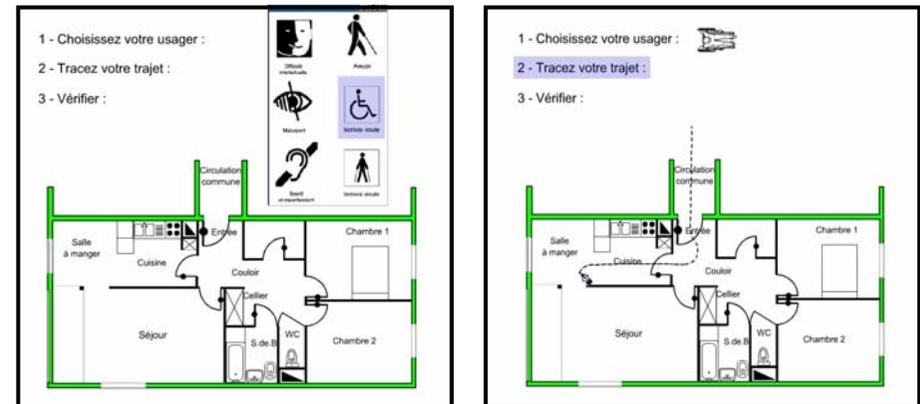


Fig-18 : Choix de l'utilisateur et définition d'un trajet à vérifier

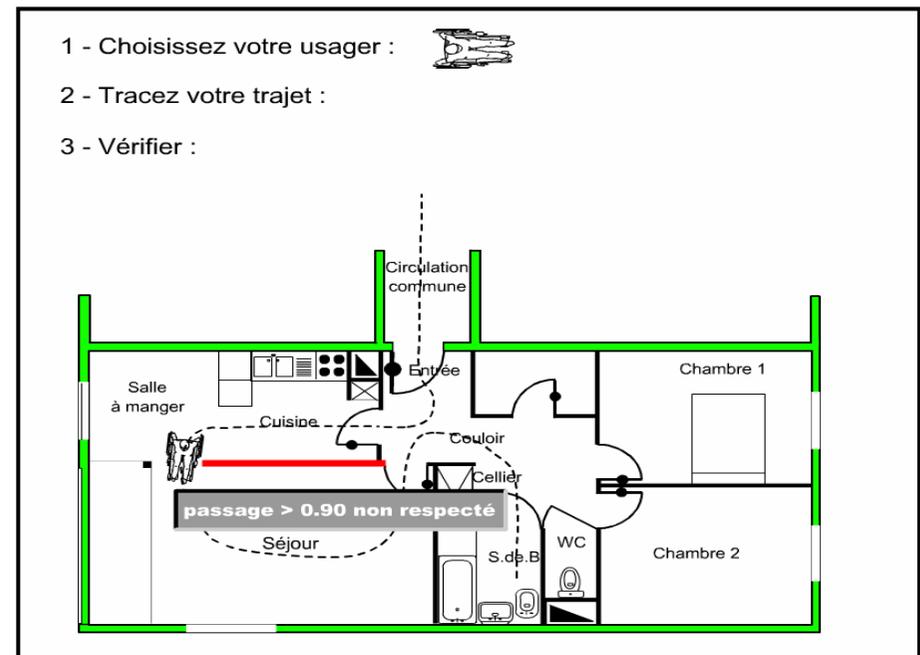


Fig-19 : Vérification et affichage graphique des éléments défectueux.

7.1.2. UN OUTIL DE SIMULATION ET DE SENSIBILISATION UTILISANT UN ENVIRONNEMENT VIRTUEL COMME INTERFACE HOMME MACHINE

Le concept "réalité virtuelle" prend sa source dans le domaine de la simulation où l'ordinateur reproduit en temps réel et de la manière la plus fidèle possible, un monde réel, physique. Se basant sur ce principe, l'outil proposé jouera le rôle d'un vrai simulateur de handicap prenant en compte la notion de confort et traitant les différentes variantes de handicap et de situation de handicap (visuel, auditifs, petite taille....etc.). De la sorte, il permettra la formation des concepteurs et des maîtres d'œuvre. Néanmoins, il ne pourra intervenir que comme un outil de contrôle à posteriori, mise en oeuvre par des tiers (maître d'ouvrage, services communaux, ...etc.), ce qui risque de causer une augmentation des coûts et des délais.

7.2. LES LACUNES DU MODÈLE IFC :

Pour garantir la portabilité des informations vérifiées et leur évolution selon les phases du projets, notre réflexion s'est portée d'abord sur le standard d'échange IFC. Cependant notre étude des IFC a révélé des limites dans ce standard d'échange concernant la vérification de l'accessibilité.

En effet, nous avons constaté un manque crucial d'informations dans les modèles IFC générés par les outils de CAO actuels. On ne peut raisonnablement pas envisager une couverture correcte des bases de règles sans disposer de ces informations. Par exemple la vérification d'une règle telle que : « *dans un cheminement courant, le dévers doit être inférieur à 2%* » nécessite la simulation du cheminement de l'utilisateur dans les locaux, or rien n'est prévu à cet effet dans ce mo-

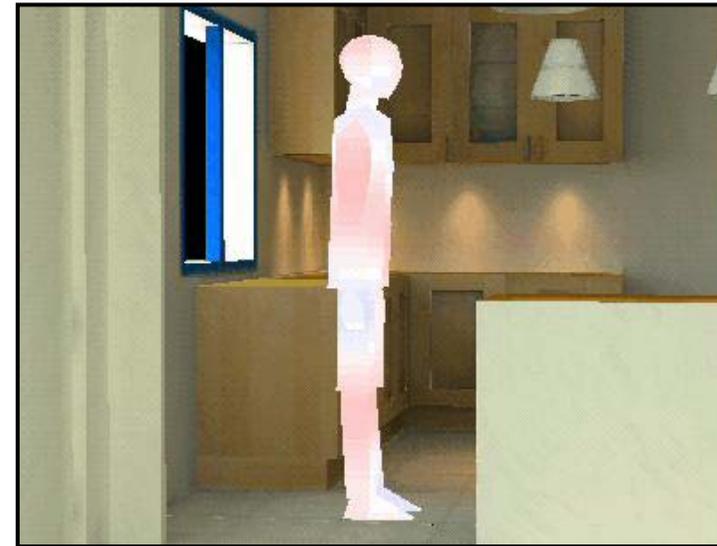


Fig-20 : Exemple d'avatar pour représenter les conditions de confort

dèle. De même la règle : « *la largeur minimale des portes qui desservent des locaux pouvant recevoir moins de cent personnes est de 90 cm* » implique la connaissance de l'occupation potentielle d'un local, chose qui n'est pas facile à obtenir avec les IFC.

De plus, ce standard d'échange se veut représentatif de la totalité d'un bâtiment dans ses moindres détails constructifs et de ce fait, implique un stade avancé de la conception et de la représentation architecturale. Cela rentre en contradiction avec notre volonté d'initier la vérification de l'accessibilité dès les premières phases du projet.

Ces deux exemples –certes significatifs mais non exhaustifs- suffisent pour penser, soit à enrichir le modèle IFC, soit à se baser dessus pour créer un autre modèle simplifié et plus orienté vers la vérification réglementaire.

7.3. CHOIX FINAL ET FORMALISATION DE L'OUTIL :

Comme vu précédemment, certaines informations utiles à notre travail ne sont pas –ou que partiellement- prises en compte par le modèle IFC, voire nécessitent une simplification pour permettre leur utilisation au stade de l'esquisse (première étape de la vérification réglementaire).

Lors du développement des bases de règles, on peut identifier ces manques. L'idée est donc de constituer une liste d'informations à compléter, et de proposer à l'utilisateur de les saisir. Par exemple, la base de règles de l'accessibilité souffre du manque de désignation des espaces : On ne sait pas si telle pièce est une cuisine, une salle de bain ou autre. Il faudrait donc, lors de l'extraction des données du projet, recenser les manques dans le modèle et proposer des formulaires ad hoc à l'utilisateur pour que ce dernier saisisse les informations nécessaires. Le modèle enrichi pourra bien entendu être récupéré ensuite par l'utilisateur.

A partir de ces éléments, notre choix final peut se résumer à la démarche suivante : **Utiliser un logiciel de modélisation architecturale d'esquisse enrichi par un modèle adapté à la vérification réglementaire et basé sur les documents réglementaires du CD-Reef .**

Les cas d'utilisation de notre outil sont illustrés dans le diagramme ci-après et se présentent comme suit :

L'utilisateur doit pouvoir :

- Créer et esquisser son projet avec un soft utilisant les outils d'esquisse (Autodesk Architectural Studio3.3 ou SketchUp3...) permettant de travailler sans contrainte de structure ou de détail.

- Enrichir d'informations utiles son modèle créé, tout en se concentrant sur sa vraie tâche à ce stade de la conception (la création architecturale).
- Sélectionner la base de règles et les règles à vérifier incluses dans le système.
- Définir un cheminement (point de départ et point d'arrivée).
- Lancer la vérification.

Le système :

- Fait correspondre les données dessinées avec celles du modèle pivot permettant la vérification, via XML. Il prévient l'utilisateur lorsque le modèle conçu est trop pauvre en informations, en lui indiquant la raison du manque et en lui proposant un moyen d'y remédier.
- Crée un lien entre les informations d'enrichissement et les données géométriques générées par le soft d'esquisse.
- Calcule et contrôle les différents cheminements possibles de l'utilisateur grâce aux graphes d'adjacence.
- Lie les anomalies générées par un rapport d'erreurs aux différentes solutions possibles existantes sous forme de banque d'image ou multimédia personnalisable. Cela permet d'avoir une vision simplifiée et plus accessible du problème.

In fine, il est alors possible à l'utilisateur d'affiner sa conception de manière itérative avec plusieurs cas de handicap ou de cheminements proposés. D'un autre côté, lors d'une seconde vérification, l'utilisateur peut s'il le souhaite bloquer un élément non accessible du bâtiment (pour en éviter la vérification), afin de pouvoir se concentrer sur d'autres éléments non encore traités.

L'administrateur :

- s'occupera de la création et de la modification de la base de règles.

Le diagramme de séquence en UML ci-après résume le scénario d'utilisation de notre application.

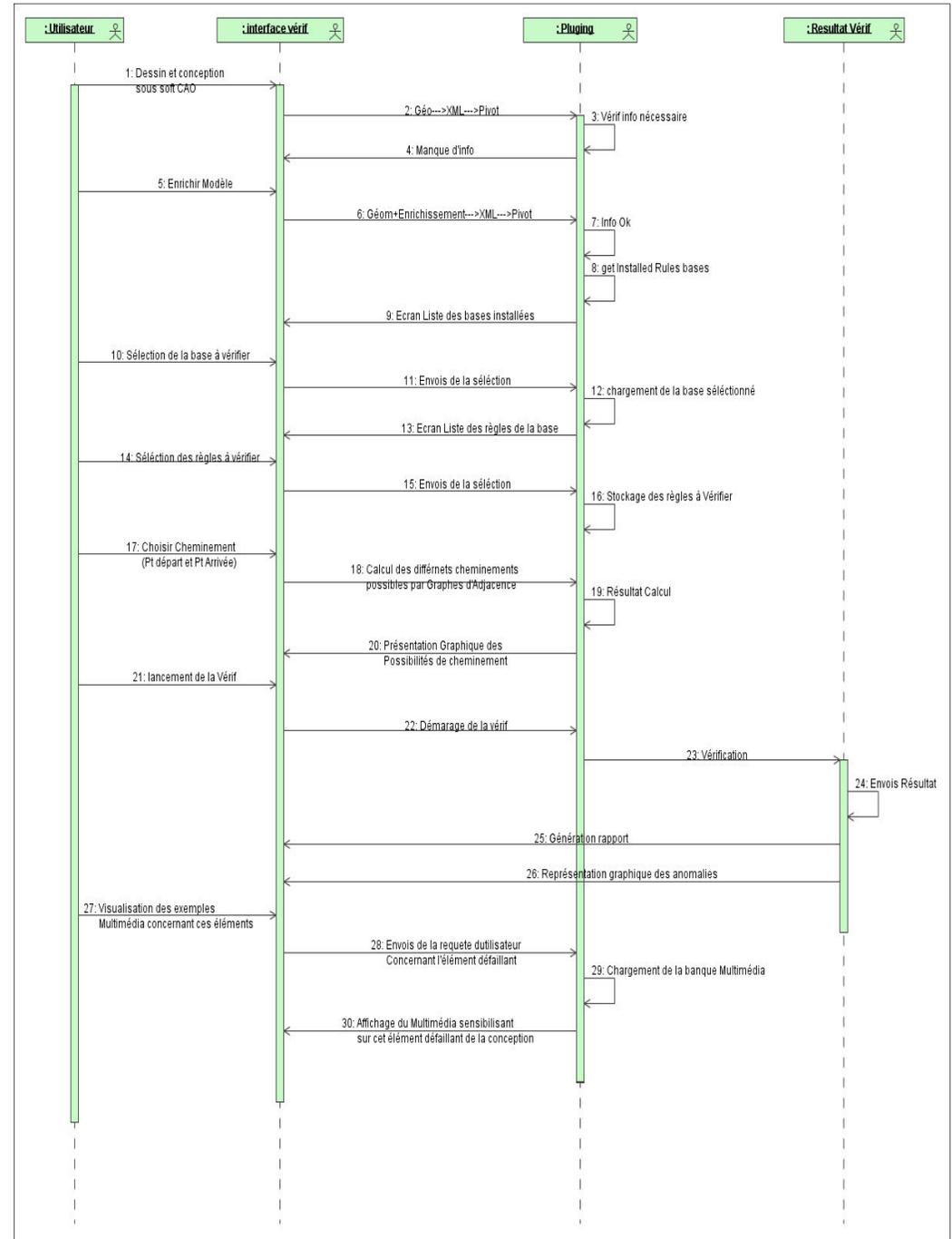
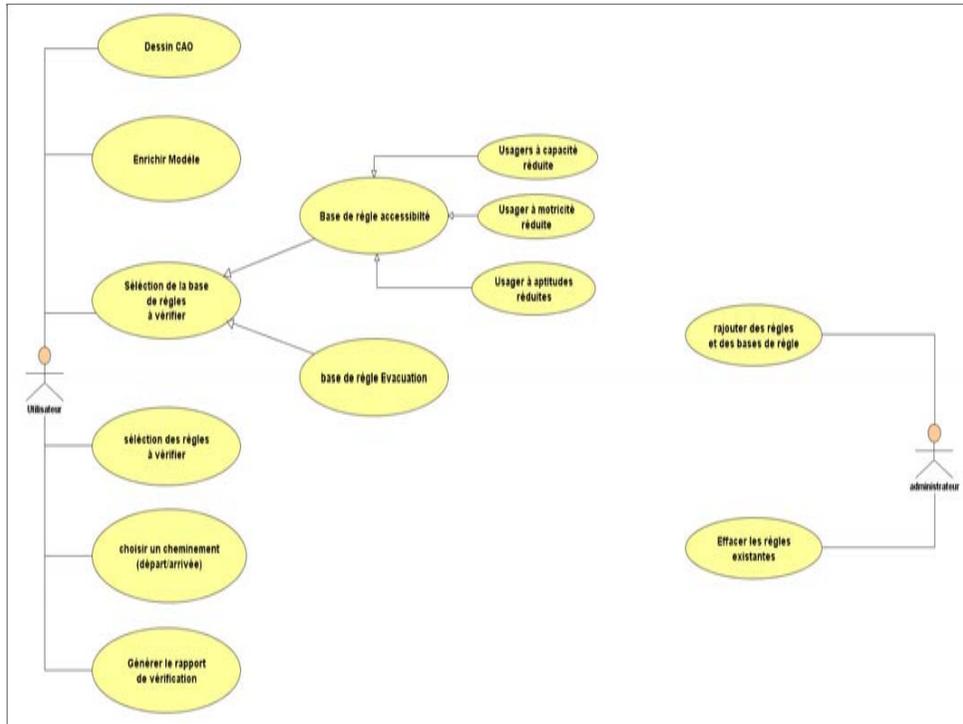


Fig-21 : Diagramme des cas d'utilisations indiquant les fonctionnalités principales de l'application

Fig-22 : Démo du scénario du Diagramme de séquence

8. UN MODÈLE POUR LA VÉRIFICATION DE L'ACCESSIBILITÉ DANS L'ARCHITECTURE

8.1. ÉLABORATION DU MODÈLE

8.1.1. Modélisation UML ou Modélisation NIAM

Pour modéliser les concepts dont nous avons besoin, nous avons procédé à un comparatif entre le modèle statique d'UML et celui de NIAM appris lors du DEA. Ceci nous a permis de constater que NIAM est à un niveau de **granulométrie** plus fin, qui tient à un découpage binaire de l'aspect relationnel. Il oblige à une analyse des idées décomposées jusqu'à un niveau réellement élémentaire. Il permet aussi une correspondance avec les propriétés de l'algèbre ensembliste. De ce point de vue, NIAM offre un avantage pédagogique certain.

En revanche, nous avons constaté qu'il est moins pratique dans l'élaboration opérationnelle des modèles. Il est moins concis qu'UML. NIAM a les « défauts » de ses qualités.

Notre choix s'est porté donc sur UML :

- pour son adaptation au contexte professionnel
- parce qu'il permet beaucoup plus de libertés, par exemple dans l'expression des cardinalités
- Parce qu'il est plus complet, proposant également un modèle dynamique. Ce dernier complète un diagramme statique en y ajoutant des concepts destinés à formaliser le fonctionnement du système d'information dans le temps: événement, état, transition, opération ou méthode,...etc (diagramme de séquences et cas d'utilisation chapitre 7.3)

Ces différents concepts s'expriment dans des types de diagrammes différents:

- Le scénario

- Le diagramme d'états
- Le diagramme de collaboration.

8.1.2. Le référentiel : Modèle Pivot

La mise en place de ce modèle pivot nous permet d'y désigner les informations nécessaires à la vérification. Lors de l'extraction des données, il suffira de le consulter afin de savoir s'il y a des informations manquantes et de les notifier à l'utilisateur. Une interface graphique aidant à la saisie devra également être mise en place.

Inspiré du modèle IFC, ce modèle pivot (modèle conceptuel) a pour but de formaliser les concepts les plus fondamentaux de l'accessibilité par une signification des données et leur organisation. Il comprend les trois concepts communs à tout modèle conceptuel :

- **La classe d'objet** : elle est parfois appelée plus simplement « concept ». Exemple : *zone* est un concept tout comme *site*, *bâtiment*, *étage*, *projet*, *espace*, *ascenseur*, *escalier*, *plancher*, *porte* ...etc.
- **La relation** lie les objets entre eux. Exemples : la relation d'héritage « *sorte de* ou (*is a*) » entre les classes d'objets Espace et Zone, la relation de *composition* entre les classes d'objets site et bâtiment ou encore la relation *d'agrégation* entre les classes d'objets équipement et rectangle.
- **Les attributs** portent sur les objets, ainsi que sur les relations. Exemple : un type de rampe est caractérisé par une série de propriétés (*pente maximale*, *longueur de la pente maximale*, *présence ou non d'un palier de repos*...etc.).

Les classes d'objets nécessaires à notre thème de recherche sont :

- **Projet** : c'est l'objet de base pour le format pivot. Cette classe est abstraite parce qu'elle ne peut pas être instanciée directement; seulement des sous-types de cette classes peuvent être créés.
- **Circulation** : représente les espaces de circulation cités dans la réglementation accessibilité (hall d'entrée, couloir ...etc.).
- **Equipement** : représente les équipements dans un espace. Ils peuvent être des meubles, des encombrements, des commandes ...etc.).
- **Collective** : il s'agit des espaces collectifs, tels que les lieux de réunion, les salles de conférence, les salles d'attente, ...etc.).
- **Connexion** : cette classe est employée pour représenter les relations et connexions entre les espaces (porte, fenêtre,...etc.). Pour la positionner, on peut dire que la connexion est un segment de la *polyligne* représentant la zone, en la localisant par son milieu, mais le mieux est de créer une association avec la *zone* par une classe relation **zone/connexion**. Ainsi, on se dégage du sens d'orientation des *polylignes* des zones auxquelles appartient cette connexion.
- **Extérieur** : comme son nom l'indique cette classe est employée pour représenter la notion du « dehors » du bâtiment.
- **Rectangle** : cette classe permet de représenter la forme en 2D (polygone) de la « boîte » englobant les équipements afin de définir leur encombrement dans l'espace. C'est une spécialisation de la classe *polyligne* employée pour représenter les emprises des équipements. Nous

avons choisi d'utiliser des formes simples comme le rectangle au lieu de garder les caractéristiques de la forme de l'encombrement.

- **Espace** : Spécialisation de la classe *zone*; cette classe représente tous les espaces contenus dans un bâtiment.
- **Escalier** : connexion entre plusieurs espaces (généralement deux). Contient des attributs spécifique tel que le giron, la hauteur de la marche, la largeur, ainsi que des informations sur la main courante ...etc.
- **Zone** : représente l'abstraction d'un endroit dans le bâtiment. Chaque zone est reliée à une autre par l'intermédiaire d'une *connexion*.
- **Plancher** : cette classe représente les planchers des espaces. Nous avons ses limites et sa pente maximum.
- **Ascenseur** : contient des attributs concernant la cabine et les commandes. Pour le moment nous ne contrôlons pas les ascenseurs traversants ou dits « multi-faces ».
- **Occupation** : cette classe représente le type d'occupation des espaces (salle de bain, cuisine, chambre ...etc.).
- **Polyligne** : permet la représentation 2D d'une forme (polygone).

Le schéma ci-dessous illustre l'ensemble de ce modèle pivot (les classes d'objets, leurs relations, ainsi que leurs attributs.)

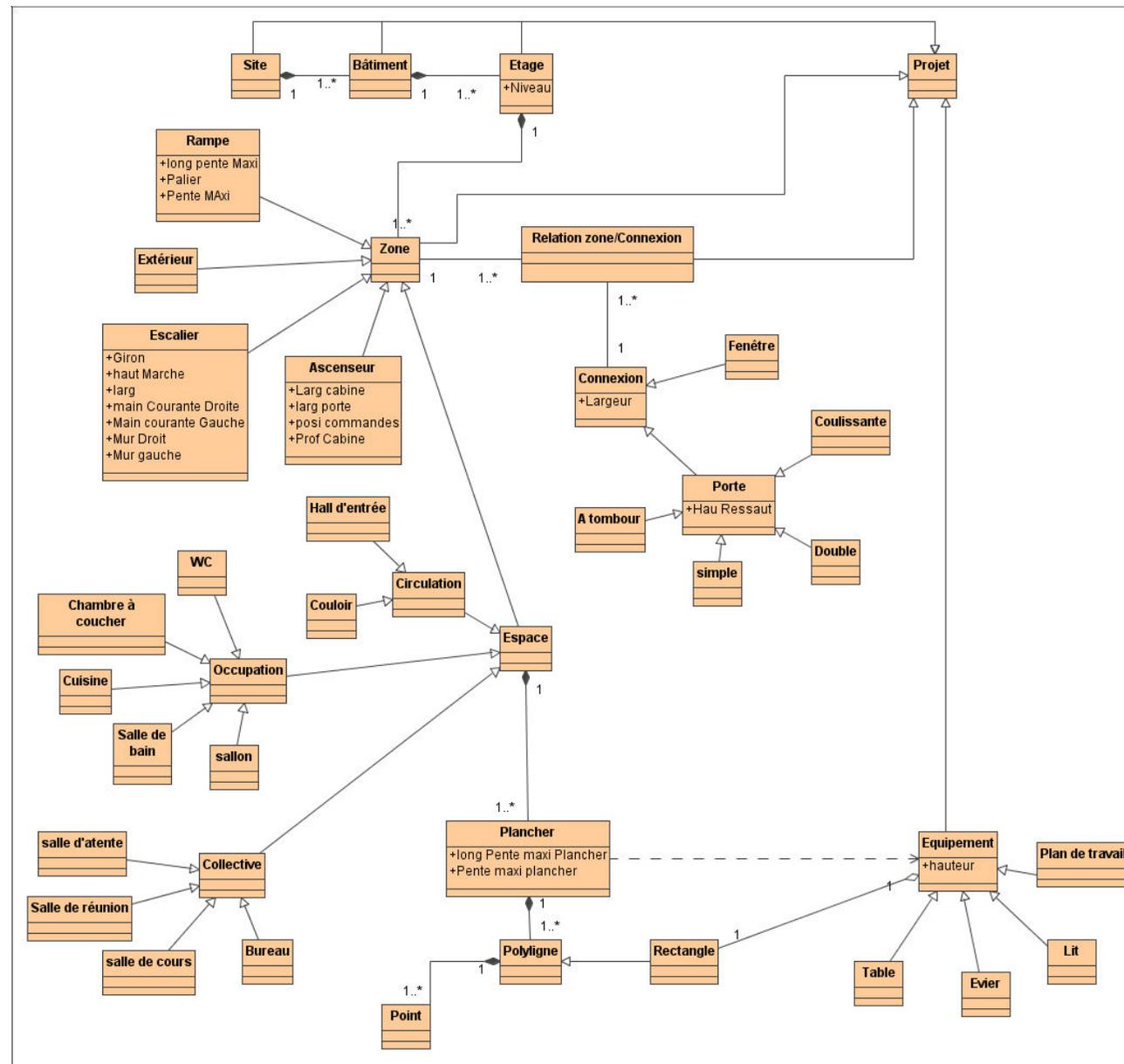


Fig-23 : Modèle conceptuel d'enrichissement de logiciel CAO d'esquisse pour la vérification accessibilité (modèle pivot).

8.2. CHOIX DE L'IMPLEMENTATION DU MODELE AVEC DES SOLUTIONS LOGICIELLES ISSUES DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Chaque architecte, chaque bureau d'études techniques, chaque entreprise de construction possède son propre savoir-faire, ainsi que ses habitudes de travail, qu'ils ne peuvent pas remettre en cause, et aucun logiciel commercialisé aujourd'hui n'est capable de tenir compte de leur individualité.

Les techniques de l'intelligence artificielle peuvent apporter un certain nombre de réponses à ces problèmes. C'est pourquoi les systèmes experts, de par leur faculté à simuler le raisonnement humain sur de gros volumes de connaissances, peuvent nous être utiles dans le domaine de l'accessibilité dans le bâtiment. En effet, la connaissance nécessaire est non seulement basée sur la réglementation mais aussi sur l'expérience humaine, l'intuition, et se trouve très morcelée entre un grand nombre d'acteurs et de types d'utilisateurs.

Ainsi nous envisageons notre solution logicielle sur la base d'un système expert dont la base de faits est issue des informations générées par la maquette numérique, et la base de règles est issue de la réglementation accessibilité actuelle.

8.2.1. Méthodologie d'implémentation

L'utilisateur saisit le projet avec un modèleur d'esquisses puis l'enrichit selon un modèle d'enrichissement (modèle pivot) présenté au chapitre précédent. Les informations sur ce projet sont stockées dans les différentes classes concernées. Les informations saisies constituent la **base de faits**. L'ensemble des informations sur la réglementation accessibilité

(*connaissances assertionnelles*), le savoir faire dans le domaine de la qualité d'accessibilité des bâtiments et les règles de l'art (*connaissances opératoires*) composent la **base de connaissances**. A partir de ces informations, le système (**Moteur d'inférence**) doit pouvoir évaluer le projet et informer l'utilisateur du non respect de la réglementation grâce aux algorithmes créés à cet effet, et cela soit sous forme textuelle (*Attention, vous ne respectez pas la réglementation handicapé. Le couloir numéro... doit avoir au moins 90cm de largeur dans sa partie courante.*) , soit de façon graphique (*clignotement de la rampe d'accès dépassant 5% d'inclinaison*), puis proposer une synthèse de l'impact des différentes dispositions architecturales possibles et guider ainsi l'utilisateur dans ses choix de conception.

Le diagramme global ci-après illustre notre approche. Il représente les différentes classes génériques principales et leur relations.

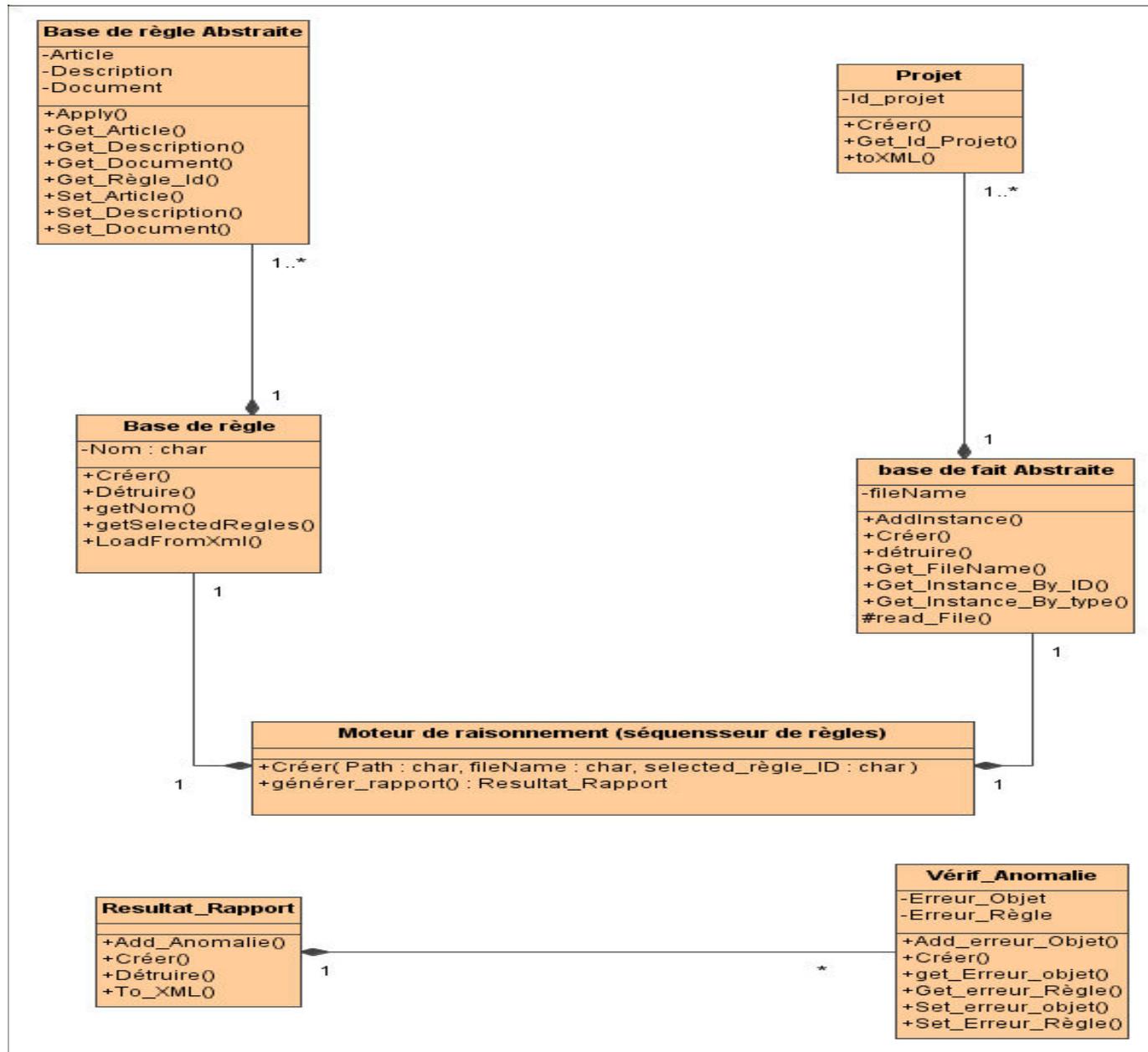


Fig-24 : Diagramme de classes global illustrant l'organisation général du système

8.2.2. LE FONCTIONNEMENT DE LA BASE DE RÈGLES

La base de connaissance intègre deux types de connaissances :

- Les connaissances réglementaires correspondant à des contraintes impératives (obstacle, accès aux espaces, participation aux services ...etc.) utilisées pour vérifier qu'une solution choisie a-priori est compatible (**chaînage arrière**). Pour ce qui est de l'élimination des familles de solutions incompatibles avec les données du projet (**chaînage avant**) notre solution ne la prend pas encore en charge.
- Les connaissances subjectives correspondant à l'expérience et aux habitudes de travail de l'utilisateur (durabilité, difficulté de mise en œuvre...etc), et qui permettent de classer entre elles les différentes solutions envisageables. Ce type de connaissance est à développer en deuxième partie de ce travail de recherche, une fois que les connaissances réglementaires ont toutes été maîtrisées et testées.

Cette base de règles peut être structurée en plusieurs sous-familles (selon les types d'utilisateurs par exemple) pour permettre une vérification plus spécialisée. Elle peut aussi se diversifier ultérieurement en traitant d'autres domaines de la réglementation comme l'évacuation incendie par exemple.

Nous avons remarqué aussi que certaines règles étaient dépendantes ou inclusives, typiquement:

Règle 1 : « lorsqu'une pente est nécessaire pour franchir une dénivellation, elle doit être inférieure à 5% ».

Règle 2 : « En cas d'impossibilité technique d'utiliser des pentes inférieures à 5%, les pentes suivantes sont tolérées exceptionnellement : 8% sur une longueur inférieure à 2 mètres. 12% sur une longueur inférieure à 0.5 mètre. »

Il faut donc tenir compte de ces liens dans la base de règles, afin de pouvoir mieux consolider les résultats de vérification, et éventuellement afficher de manière différente les règles de la base.

Pour modéliser cette base de règles nous avons eu recours à un paquetage contenant deux classes :

- La classe **règle** qui contient toutes les informations sur la règle (article, description ...etc.) et qui compose la classe base de règles abstraite.
- la classe **base de règles abstraite** proprement dite qui contient des méthodes pour construire la base de règles à partir d'un fichier XML²⁴, et permettre ainsi d'accéder aux règles principales.

Cependant, seules les règles choisies par l'utilisateur sont chargées et créées à partir du fichier XML, évitant ainsi de s'encombrer avec l'ensemble complet des règles d'accessibilité (et ce afin d'éviter un traitement inutile de l'information non demandé par l'utilisateur).

8.2.3. LE FONCTIONNEMENT DE LA BASE DE FAITS

Structurée elle aussi en paquetage de la même façon que la base de règles, la base de faits se compose d'une classe abstraite d'objets contenant entre autres une méthode permettant la lecture du fichier CAO et sa transformation en XML²⁵ pour aboutir au format pivot principal.

Il s'agit donc de convertir en fichier XML les données issues du fichier contenant la conception architecturale, pour pouvoir le manipuler selon le modèle pivot et comparer ses informations à celles de la base de règles.

24. Voir annexes 2.1

25. Voir annexes 2.2

La structure de ce fichier XML doit utiliser des balises correspondantes aux différentes classes du modèle pivot. Ainsi le stockage de l'information géométrique et son passage vers le modèle pivot devrait se faire dans les meilleures conditions.

Cette façon de traiter le problème permettra de se détacher de tout logiciel CAO et ainsi pouvoir « plugger » l'outil sur des logiciels différents.

8.2.4. Le fonctionnement du moteur d'inférence

Le Moteur d'inférence met à jour des liens entre la base de règles et la base de faits. Il contient les méthodes et les algorithmes pour contrôler les règles.

Il permet aussi de générer un rapport d'exécution qui renvoie la liste des règles sélectionnées et présente trois niveaux de vérification pour chacune d'elles :

- **Complète** : indique la règle exécutée et, dans le cas d'une anomalie, précise quelle(s) instance(s) du modèle en sont responsables.
- **Partielle** : signale qu'une règle n'a pu être vérifiée que partiellement (à cause d'un manque d'informations ou d'algorithme de vérification), ainsi que la raison pour laquelle la vérification n'a pu être complète (élément(s) responsable(s) de l'erreur).
- **Impossible** : indique la règle qui n'a pu être vérifiée automatiquement, ainsi que la raison pour laquelle celle-ci n'a pu être vérifiée.

Ceci étant, et vu le caractère visuel des métiers de la

conception, nous étendront la représentation des anomalies à une représentation graphique des instances du modèle responsables de l'anomalie.

Les algorithmes de vérification sont intégrés dans ce moteur d'inférence et puisent les différentes informations nécessaires à leur fonctionnement dans la base de règles et dans la base de faits. Ces informations peuvent être, soit explicitement localisées soit le résultat de différentes opérations successives.

Exemple : pour vérifier la règle « *pour un espace accessible la hauteur maximale du ressaut doit être de 2 cm* ».

Nous considérons qu'un espace contenant plusieurs planchers non séparés par des cloisons indique la présence d'un ressaut. Leurs altitudes respectives permettent alors de calculer la hauteur de ce dernier.

D'un autre côté une porte peut aussi comporter un ressaut, d'où l'attribut *ressaut* dans la classe *Porte* qui peut être aussi pris en compte directement dans la vérification.

Néanmoins la nature des bords du ressaut font aussi partie de la réglementation : « *les bords des ressauts doivent être arrondis ou munis de chanfreins* ». Cette vérification est envisageable pour les ressauts de porte par simple enrichissement de la classe *porte* par un attribut vérifiant la nature des bords dans le cas de l'existence d'un ressaut. Cela est pratiquement impossible à faire pour un ressaut entre deux planchers. Pour palier à ce manque, un message d'alerte rappellera à l'utilisateur les contraintes d'un ressaut à chaque fois qu'il en détectera un.

Certaines règles nécessitent un stade assez avancé de la

conception. Pour faciliter l'établissement des algorithmes et par conséquent la vérification, le recours à des hypothèses est inévitable.

Exemple : la règle « Tout ascenseur ou au moins un ascenseur par batterie d'ascenseurs devra avoir : une porte de largeur mini 80 cm, des dimensions mini 1 m*1.30 m, des commandes à hauteur 1.3 m, une précision d'arrêt de 2 cm ». Cette règle n'est que partiellement vérifiable puisque les attributs « largeur cabine », « profondeur cabine », « largeur porte cabine » et « positions commandes » peuvent être renseignés, tandis que la précision d'arrêt demande une définition détaillée d'un ascenseur. D'un autre côté cette règle devient impossible à vérifier sans l'hypothèse qu'un ascenseur est de forme rectangulaire et ne possède qu'une porte.

CONCLUSION

Il ne s'agit pas par cet outil de remplacer l'acteur humain qu'est le concepteur mais simplement de l'assister.

Néanmoins ce travail de recherche réalisé sur la mise en correspondance entre le modèle des données et la base de données réglementaire est une ouverture intéressante, qui offre des perspectives nouvelles sur l'accès réglementaire.

En effet, plus la vérification de la conformité est effectuée tôt, plus les malfaçons du projet, au final, peuvent être évitées. Le lien établi entre le modèle de la base de fait et les documents législatifs et réglementaires, permet de prendre en compte les contraintes de conformité dès le début du processus de conception.

L'intérêt de notre approche est à la fois l'aide à la conception et la sensibilisation architecturale en terme d'accessibilité et le diagnostic, puisqu'elle vise une meilleure connaissance de l'accessibilité et la mise en évidence d'indicateurs la caractérisant.

D'autre part ce travail ouvre des perspectives intéressantes qui consistent à créer un système ouvert qui a vocation à prendre place sur la station de travail de l'architecte. Il s'agit alors de proposer à l'architecte un ensemble d'outils de traitement des données pour l'aider à établir un diagnostic et lui proposer des scénarii de conception a-priori, le tout au sein d'une plateforme métier unique et indépendante, qui l'accompagnera tout au long de son travail et s'adaptera à l'évolution de sa conception.

BIBLIOGRAPHIE

1. LIVRES

« Guide de l'accessibilité des bâtiments d'habitation » ministère de l'équipement Janvier 99

« Concevoir un espace public accessible à tous » Nadia Sahmi éditions du CSTB 2002

« Guide pratique sur l'accessibilité pour la conception et la réalisation des opérations » Pascal Dubois et Farida Falek. Editions du Bureau d'études efficACCES.

« Handicap et construction » Louis-Pierre Grosbois. Editions du moniteur.

« Le traité de la réalité virtuelle », P. Fuchs, G. Moreau, J.P. Papin. Les presses de l'Ecole des mines, ISBN 2-911-762-34-7, 540p., Paris, 2001.

« Lettre au président de la république sur les citoyens en situation de handicap » Julia Kristeva. Editions Fayard.

« Eloge de la faiblesse » Alexandre Jollien. Editions du Cerf

« La vie avec handicap » rapport public particulier Juin 2003. Editions Journaux officiels.

« Les règles de construction mieux les connaître pour mieux les appliquer » Guide pratique. Editions CSTB.

« La conception orientée objet, évidence ou fatalité » Jean louis Cavarero Rosa Lecat. Editions Ellipses

« UML pour l'analyse d'un système d'information » Chantal Morley, Jean Hugues, Bernard Leblanc. Editions Dunod

"Applications of Virtual Reality in the Manufacturing Industry: From Design Review to Ergonomic Studies", G. Moreau, P. Fuchs, P. Stergiopoulos, à paraître dans Mécanique et Industries, Elsevier, 2003

[Boudon, 1977] Boudon P. "Architecture et Architecturologie", vol 1,2,3 AREA, Paris, 1977.

[Hanrot, 1989] Hanrot S. "Modélisation de la connaissance architecturale pour un outil de CAO intelligent", Plan construction et architecture, 1989.

2. THÈSES ET MÉMOIRES

« Accès intuitif à l'information technico-réglementaire via une interface immersive. Application au domaine du bâtiment » thèse de doctorat Sandrine Maïssa 29 novembre 2002

« Création d'un corpus réglementaire pour la vérification de l'accessibilité des personnes handicapées » Lionel Vernier rapport de stage 2000

3. SITES WEB

3.1. L'informatique et le Bâtiment

www.batonline.com

www.batiactu.com

www.lemoniteur-expert.com/newsletter

3.2. L'accessibilité

www.logement.equipement.gouv.fr/publi/accessibilite/doc-pdf/guide-acces.pdf

www.logement.equipement.gouv.fr/publi/accessibilite/doc-pdf/guide-voiries.pdf

www.equipement.gouv.fr/actualites/pdf/accessibilite2002.pdf

www.social.gouv.fr/htm/dossiers/ann-hand/index.htm

4. CD-ROM

CD-REEF
LOQACCE 1 et 2

5. EMISSION DE TÉLÉVISION

Culture et dépendance du mercredi 19 Mars 2003 à 23h00 sur France3 : Comment la France maltraite ses handicapés ?

6. COMPTE RENDU DE CONGRÈS

« Laval Virtual.5^{ème} rencontres internationales de la réalité virtuelle » à Laval 13-18 mai, <http://www.laval-virtual.org/>

ANNEXES 1

ARRÊTÉ DU 27 JUIN 1994

Introduction

Le ministre du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle, le ministre de l'agriculture et de la pêche et le ministre du logement,

Vu l'article L. 111-7 du code de la construction ;

Vu les articles R. 235-1, R. 235-2-13, R. 235-3-18 et R. 235-4-2 du code du travail ;

Vu l'arrêté du 5 août 1992 pris pour l'application des articles R. 235-4-8 et R. 235-4-15 du code du travail ;

Vu l'avis de la Commission nationale d'hygiène et de sécurité du travail en agriculture ;

Vu l'avis du Conseil supérieur de la prévention des risques professionnels,

Arrêtent :

Art. 1er

Pour assurer l'accessibilité des personnes handicapées, conformément aux dispositions de l'article R. 235-3-18 du code du travail, les maîtres d'ouvrage entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments visés à l'article R. 235-1 du même code doivent appliquer les prescriptions énoncées dans le présent arrêté.

Toutefois, les aménagements de bâtiments existants sont soumis aux dispositions particulières suivantes :

- les parties de bâtiments ou d'installations correspondant à la création de surfaces nouvelles doivent respecter les dispositions du présent arrêté ;

- les travaux de restructuration modifiant les cheminements, locaux et équipements visés par le présent arrêté doivent également respecter les dispositions précitées, dans la mesure où les structures ou l'implantation des bâtiments le permettent ;

- les travaux réalisés à l'intérieur des surfaces ou volumes existants doivent au minimum maintenir les conditions d'accessibilité préexistantes.

Art. 2

Le cheminement praticable par les personnes handicapées doit être l'un des cheminements usuels. En cas de dénivellation importante, le cheminement praticable doit conduire le plus directement possible, compte tenu des pentes admissibles, à l'entrée principale, ou à l'une des entrées principales, et aux locaux à desservir.

- Le sol doit être non meuble, non glissant, sans obstacle à la roue.

- La largeur minimale du cheminement doit être de deux unités de passage au sens de l'article R. 235-4-2 du code du travail.

La largeur minimale des portes situées sur les cheminements est de :

- deux unités de passage lorsqu'elles desservent un local pouvant recevoir plus de cent personnes ; l'un des vantaux a une largeur minimale de 0,80 mètre ;

- une unité de passage pour l'accès aux locaux recevant un effectif inférieur.

Toutefois, lorsqu'une porte ne dessert qu'une pièce d'une surface inférieure à 30 mètres carrés, sa largeur minimale est de 0,80 mètre.

- Le profil en long est de préférence horizontal et sans ressaut. Lorsqu'une pente est nécessaire pour franchir une dénivellation, celle-ci doit être inférieure à 5 p. 100.

En cas d'impossibilité technique d'utiliser des pentes inférieures à 5 p. 100, sont tolérées exceptionnellement des pentes de :

- 8 p. 100 sur une longueur inférieure à 2 mètres ;

- 12 p. 100 sur une longueur inférieure à 0,50 mètre.

- Un palier de repos est obligatoire :

- tous les 10 mètres lorsqu'une pente dépasse 4 p. 100 ;

- devant chaque porte, en haut et en bas de chaque plan incliné, ainsi qu'à l'intérieur de chaque sas.

Les paliers de repos doivent être horizontaux et d'une longueur minimale de 1,40 mètre (hors débattement de porte éventuel).

- Lorsque le recours à un ressaut est inévitable, celui-ci doit être arrondi ou muni de chanfreins et d'une hauteur maximale de 2 centimètres ; toutefois, cette hauteur peut atteindre 4 centimètres lorsque le ressaut est aménagé en chanfrein à un pour trois.

La distance minimale entre deux ressauts est de 2,50 mètres. Les pentes comportant des ressauts successifs, dites « pas d'âne », sont interdites.

- La pente transversale doit être la plus faible possible. En cheminement courant, le dévers doit être inférieur à 2 p. 100.

- Les trous ou fentes dans le sol (grilles, etc.) doivent avoir un diamètre ou une largeur inférieur à 2 centimètres.

Les obstacles isolés, tels que bornes ou poteaux, doivent être de

couleur contrastée par rapport à leur environnement immédiat et doivent pouvoir être détectés par un aveugle se déplaçant avec une canne.

- Un garde-corps préhensible est obligatoire le long de toute rupture de niveau de plus de 0,40 mètre de hauteur. Cette disposition ne s'applique pas aux quais.

Art. 3

I.

Un ascenseur est considéré comme praticable par des personnes handicapées lorsque ses caractéristiques permettent son utilisation par une personne handicapée en fauteuil roulant. Les temps d'ouverture de la porte d'accès doivent être suffisants pour le passage d'un fauteuil roulant. Les portes coulissantes sont obligatoires.

La largeur minimale de passage doit être de 0,80 mètre. Les dimensions intérieures entre revêtements intérieurs de la cabine doivent être au minimum de 1 mètre (parallèlement à la porte) par 1,30 mètre (perpendiculairement à la porte). Les commandes de l'appareil situées sur le côté de la cabine doivent être à une hauteur maximale de 1,30 mètre. A l'arrêt, le plancher de la cabine doit être au même niveau que le plancher à desservir, avec une tolérance de 2 centimètres (en plus ou en moins).

Lorsque l'ascenseur comporte plusieurs faces de service, la dimension de 1,30 mètre perpendiculairement à la porte est obligatoire face à chacune des portes.

II.

Lorsqu'un ascenseur dessert un bâtiment dont le plancher bas du

dernier niveau est à plus de 8 mètres du sol mais ne constituant pas un immeuble de grande hauteur au sens de l'article R. 122-2 du code de la construction, les dispositions complémentaires suivantes doivent être observées.

- La protection de l'ascenseur doit répondre aux dispositions de l'article 8 de l'arrêté pris pour l'application des articles R. 235-4-8 et R. 235-4-15 du code du travail.

- L'accès à chaque niveau doit s'effectuer au travers d'un local d'attente servant de refuge dont les caractéristiques doivent être les suivantes :

- Superficie : La superficie du local doit être calculée de façon à recevoir toutes les personnes handicapées appelées à fréquenter le niveau concerné lorsque leur nombre est connu et, dans le cas contraire, à recevoir à 1/100 des effectifs susceptibles de fréquenter ce niveau ; cette superficie est augmentée lorsque ce local donne également accès à l'escalier, de sorte que cet accès reste disponible ;

- résistance au feu : Les parois de ce local doivent être au moins coupe-feu de degré une heure ; les blocs-portes doivent être au moins pare-flamme de degré une demi-heure, équipés de ferme-porte et ouvrant vers l'intérieur du local ;

- réaction au feu : Les revêtements doivent avoir au moins les degrés de réaction au feu prescrits par l'article 9 de l'arrêté cité au paragraphe II, 1°, du présent article ;

- désenfumage : Le local doit être désenfumé dans les conditions fixées par la section 2 du même arrêté ;

- distance maximale : La distance maximale à parcourir de tout point accessible par une personne handicapée pour atteindre la porte d'accès du local d'attente le plus proche est de 40 mètres lorsqu'il y a le choix entre deux locaux d'attente et de 30 mètres dans le cas contraire ;

- équipement : Le local doit être équipé d'un éclairage de sécurité conforme à l'arrêté du 10 novembre 1976 et d'un système permettant de communiquer avec le concierge ou gardien du bâtiment, ou tout autre préposé.

- Un tel ascenseur doit disposer d'une alimentation électrique de sécurité qui peut être assurée :

- Soit par un groupe moteur thermique-générateur qui, à partir de la défaillance de la source normale, doit pouvoir assurer l'alimentation de l'ascenseur dans un délai inférieur à une seconde ;

- Soit par une dérivation issue directement du tableau principal et sélectivement protégée.

- La cabine d'un tel ascenseur doit être équipée :

- D'un dispositif de commande accompagnée, fonctionnant à l'aide d'une clé ; un nombre suffisant de clés, d'un modèle unique, doit être remis au chef d'établissement ;

- D'un système permettant de communiquer avec le poste de sécurité s'il existe ou avec l'une des personnes mentionnées au paragraphe II, 2°, f, ci-dessus.

Art. 4

Lorsque le niveau à desservir est d'un usage occasionnel pour les personnes handicapées et qu'il n'est pas prévu d'ascenseur praticable ou de rampe, un escalier d'accès au moins doit être conforme aux prescriptions suivantes :

- La largeur minimale de l'escalier doit être au moins de deux unités de passage au sens de l'article R. 235-4-2 du code du travail ;
- La hauteur maximale des marches est de 16 centimètres ;
- La largeur minimale du giron des marches est de 28 centimètres.

Tout escalier de trois marches ou plus doit comporter une main-courante préhensible de part et d'autre. Cette main-courante dépasse les premières et dernières marches de chaque volée.

Les nez des marches doivent être bien visibles.

Art. 5

Tout parc de stationnement automobile intérieur ou extérieur dépendant d'un lieu de travail dont l'effectif est égal ou supérieur à vingt personnes doit comporter une ou plusieurs places de stationnement aménagées pour les personnes handicapées et réservées à leur usage par la signalisation appropriée prévue à l'article 8 ci-après.

Le nombre doit en être, au minimum, d'une place aménagée par tranche de cinquante places de stationnement ou fraction de cinquante places.

Un emplacement de stationnement est réputé aménagé pour les personnes handicapées lorsqu'il comporte, latéralement à l'emplacement prévu pour la voiture, une bande d'une largeur minimale de 0,80 mètre, libre de tout obstacle, protégée de la circulation automobile et reliée par un cheminement praticable à l'entrée du lieu de travail. La largeur totale d'un tel emplacement ne doit pas être inférieure à 3,30 mètres. Il doit être signalé conformément à l'article 8 ci-après.

Art. 6

En application de l'article R. 235-3-18, les bâtiments accessibles aux handicapés doivent comporter au moins un cabinet d'aisances et un lavabo placé à proximité, aménagés de manière à en permettre l'accès et l'usage autonomes par des personnes circulant en fauteuil roulant.

Le nombre de ces équipements accessibles est précisé à l'article R. 235-2-13.

Chaque cabinet d'aisances accessible doit comporter un espace d'accès, à côté de la cuvette, de dimensions minimales, hors tout obstacle et hors débatement de porte, de 0,80 mètre par 1,30 mètre.

La hauteur de la cuvette est comprise entre 0,46 mètre et 0,50 mètre.

La commande de chasse d'eau doit pouvoir être atteinte par la personne handicapée et être facile à manoeuvrer par une personne ayant des difficultés de préhension.

Une barre d'appui latérale doit être installée pour faciliter le transfert sur la cuvette. Cette barre d'appui doit comporter une partie horizontale située à côté de la cuvette et à une hauteur comprise entre 0,70 mètre et 0,80 mètre.

Le cabinet d'aisances et le lavabo accessibles aux personnes handicapées doivent être desservis par un cheminement praticable.

Lorsque les installations sanitaires sont séparées par sexe, les aménagements définis ci-dessus doivent être prévus pour les personnes handicapées de chaque sexe.

Art. 7

Le local de restauration et, le cas échéant, le local de repos doivent comporter des emplacements accessibles aux personnes handicapées par un cheminement praticable. Ces emplacements, au nombre de deux pour les locaux de cinquante places au moins et d'un emplacement supplémentaire par tranche de cinquante ou fraction de cinquante en sus, doivent pouvoir être dégagés lors de l'arrivée des personnes handicapées.

La hauteur d'une table utilisable par une personne handicapée en fauteuil roulant doit être inférieure à 0,80 mètre (face supérieure) ; le bord inférieur doit être au moins à 0,70 mètre du sol.

Art. 8

Les cheminements spécifiques pour les personnes à mobilité réduite, lorsqu'ils ne se confondent pas avec les cheminements courants du personnel, ainsi que les installations accessibles (emplacements de parking, cabinets d'aisances, etc.) doivent être signalés par le symbole international d'accessibilité (personne assise dans un fauteuil roulant vue de profil). Les dispositions prises pour assurer aux personnes handicapées l'usage des services sont précisées dans une fiche annexée au dossier de maintenance prévu à l'article R. 235-5 du code du travail.

Art. 9

Les dispositions du présent arrêté sont applicables six mois après sa date de parution :

- Aux opérations de construction ou d'aménagement de bâtiments pour lesquelles une demande de permis de construire est déposée après la date indiquée ci-dessus ;
- Aux opérations de construction ou d'aménagement de bâtiments ne nécessitant pas de permis de construire dont le début des tra-

voux est postérieur à la date indiquée ci-dessus.

Art. 10

Le directeur des relations du travail au ministère du travail, de l'emploi et de la formation professionnelle, le directeur de la construction au ministère du logement et le directeur des exploitations, de la politique sociale et de l'emploi au ministère de l'agriculture et de la pêche sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Liste des documents référencés

#1 - CODE DU TRAVAIL (Partie Réglementaire) - Hygiène, sécurité et conditions de travail - Chapitre 5 Dispositions applicables aux opérations de construction dans l'intérêt de l'hygiène et de la sécurité du travail - Section 3 Règles de sécurité - Articles R235-3 à R235-3-21

#2 - CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION (Partie Législative et Réglementaire) - Chapitre 1 Règles générales - Section 3 Personnes handicapées - Articles L111-7 à L111-8-4, R111-18 à R111-19-11

#3 - CODE DU TRAVAIL (Partie Réglementaire) - Hygiène, sécurité et conditions de travail - Chapitre 5 Dispositions applicables aux opérations de construction dans l'intérêt de l'hygiène et de la sécurité du travail - Section 1 Dispositions générales - Article R235-1

#4 - CODE DU TRAVAIL (Partie Réglementaire) - Hygiène, sécurité et conditions de travail - Chapitre 5 Dispositions applicables aux opérations de construction dans l'intérêt de l'hygiène et de la sécurité du travail - Section 2 Règles d'hygiène - Articles R235-2 à R235-2-13

ARRÊTÉ DU 31 MAI 1994

#5 - CODE DU TRAVAIL (Partie Réglementaire) - Hygiène, sécurité et conditions de travail - Chapitre 5 Dispositions applicables aux opérations de construction dans l'intérêt de l'hygiène et de la sécurité du travail - Section 4 Prévention des incendies et des explosions - Evacuation - Articles R235-4 à R235-4-18

#6 - Arrêté du 5 août 1992 modifié pris pour l'application des articles R235-4-8 et R235-4-15 du code du travail et fixant des dispositions pour la prévention des incendies et le désenfumage de certains lieux de travail

#7 - CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION (Partie Législative) - Chapitre 2 Dispositions de sécurité relatives aux immeubles de grande hauteur (IGH) - Articles L122-1 à L122-2

#8 - CODE DU TRAVAIL (Partie Réglementaire) - Hygiène, sécurité et conditions de travail - Chapitre 5 Dispositions applicables aux opérations de construction dans l'intérêt de l'hygiène et de la sécurité du travail - Section 5 Dossier de maintenance des lieux de travail - Article R235-5

Introduction

Le ministre d'Etat, ministre des affaires sociales, de la santé et de la ville, le ministre d'Etat, ministre de l'intérieur et de l'aménagement du territoire, et le ministre du logement,

Vu le décret n° 94-86 du 26 janvier 1994 relatif à l'accessibilité aux personnes handicapées des locaux d'habitation, des établissements et installations recevant du public, modifiant et complétant le code de la construction et de l'habitation et le code de l'urbanisme,

Arrêtent :

Art. 1er

Les dispositions techniques applicables au titre de l'article R. 111-19-1 du code de la construction et de l'habitation sont fixées par le présent arrêté.

Art. 2.

Les cheminements praticables par les personnes handicapées doivent répondre aux dispositions suivantes :

1° Pente

Lorsqu'une pente ne peut être évitée pour franchir une dénivellation, elle doit être inférieure à 5 p. 100. Lorsqu'elle dépasse 4 p. 100, un palier de repos est nécessaire tous les 10 mètres.

En cas d'impossibilité technique d'utiliser des pentes inférieures à 5 p. 100, les pentes suivantes sont tolérées exceptionnellement :
- 8 p. 100 sur une longueur inférieure à 2 mètres ;

- 12 p. 100 sur une longueur inférieure à 0,50 mètre.

Un garde-corps préhensible est obligatoire le long de toute rupture de niveau de plus de 0,40 mètre de hauteur. Cette disposition ne s'applique pas aux quais.

2° Paliers de repos

Les paliers de repos doivent être horizontaux.

La longueur minimale des paliers de repos est de 1,40 mètre hors des débattements de porte éventuels.

3° Ressauts

Lorsque les ressauts ne peuvent être évités, ils doivent comporter des bords arrondis ou être munis de chanfreins. Leur hauteur maximale est de 2 centimètres ; toutefois, leur hauteur peut atteindre 4 centimètres lorsqu'ils sont aménagés en chanfrein à un pour trois.

La distance minimale entre deux ressauts est de 2,50 mètres.

Les pentes comportant des ressauts successifs, dites "pas d'âne", sont interdites.

4° Profil en travers

Lorsqu'un dévers ne peut être évité le long du cheminement courant, il doit être inférieur à 2 p. 100.

La largeur minimale du cheminement doit être de 1,40 mètre ; elle peut toutefois être réduite à 1,20 mètre lorsqu'il n'y a aucun mur de part et d'autre du cheminement.

5° Portes situées sur les cheminements

La largeur minimale des portes est de 1,40 mètre lorsqu'elles desservent un local pouvant recevoir plus de cent personnes. L'un des vantaux a une largeur minimale de 0,80 mètre.

La largeur minimale des portes qui desservent des locaux pouvant recevoir moins de cent personnes est de 0,90 mètre.

Toutefois, lorsqu'une porte ne dessert qu'une pièce d'une surface inférieure à 30 mètres carrés, la largeur de porte minimale est de 0,80 mètre.

6° Divers

Les trous ou fentes dans le sol (grilles, etc.) doivent avoir un diamètre ou une largeur inférieur à 2 centimètres.

Les bornes et poteaux doivent être de couleur contrastée par rapport à leur environnement immédiat.

Art. 3

Un ascenseur praticable par des personnes à mobilité réduite doit avoir une porte d'entrée d'une largeur de passage minimale de 0,80 mètre. Les dimensions intérieures entre revêtements intérieurs de la cabine doivent être au minimum de 1 mètre (parallèlement à la porte) / 1,30 mètre (perpendiculairement à la porte). Les commandes de l'appareil situées sur le côté de la cabine doivent être à une hauteur maximale de 1,30 mètre. La précision d'arrêt de la cabine doit être de 2 centimètres au maximum.

Lorsque l'ascenseur comporte plusieurs faces de service, les dimensions minimales de 1 mètre (parallèlement à la porte) / 1,30 mètre (perpendiculairement à la porte) sont obligatoires face à chacune des portes.

Lorsqu'il n'y a pas d'ascenseur praticable pour accéder aux étages ou aux sous-sols, un escalier au moins doit être conforme aux prescriptions suivantes :

La largeur minimale de l'escalier est de 1,20 mètre s'il ne comporte aucun mur de chaque côté, de 1,30 mètre s'il comporte un mur d'un seul côté, de 1,40 mètre s'il est entre deux murs. La hauteur maximale des marches est de 16 centimètres ; la largeur minimale du giron des marches est de 28 centimètres.

Tout escalier de trois marches ou plus doit comporter une main courante préhensible de part et d'autre. Cette main courante dépasse les premières et dernières marches de chaque volée.

Les nez de marches doivent être bien visibles.

Art. 4

La bande d'accès latérale prévue à côté des places de stationnement automobile aménagées pour les personnes handicapées doit avoir une largeur d'au moins 0,80 mètre sans que la largeur totale de l'emplacement puisse être inférieure à 3,30 mètres.

Les emplacements réservés sont signalés.

Art. 5

L'espace d'accès prévu dans le cabinet d'aisances aménagé pour les personnes handicapées a pour dimensions minimales, hors tout obstacle et hors débattement de porte : 0,80 mètre ´ 1,30 mètre.

La hauteur de la cuvette, lunette abattante éventuelle comprise, est située entre 0,46 mètre et 0,50 mètre.

La barre d'appui doit comporter une partie horizontale située à côté

de la cuvette entre 0,70 mètre et 0,80 mètre de hauteur.

La commande de chasse d'eau doit pouvoir être atteinte par une personne handicapée et être facile à manoeuvrer par une personne ayant des difficultés de préhension.

Art. 6

Un appareil téléphonique est réputé utilisable par les personnes handicapées à mobilité réduite lorsqu'il répond aux conditions ci-dessous :

S'il s'agit d'un appareil fixe, l'axe du cadran et les autres dispositifs de commande éventuels doivent être à une hauteur comprise entre 0,90 mètre et 1,30 mètre.

Un emplacement de dimensions minimales : 0,80 mètre ´ 1,30 mètre, libre de tout obstacle, situé devant ou à côté de l'appareil, doit être accessible par un cheminement praticable.

Art. 7

La hauteur d'une table, d'une tablette ou d'un guichet utilisable par une personne handicapée en fauteuil roulant doit être inférieure à 0,80 mètre (face supérieure). Le bord inférieur doit être au moins à 0,70 mètre du sol.

Les poignées de portes, les fentes de boîtes aux lettres, les boutons et interrupteurs électriques, les robinets, les différents dispositifs de commande et de services utilisables par le public doivent être à une hauteur maximale de 1,30 mètre au-dessus du sol et à une hauteur minimale de 0,40 mètre.

Un emplacement de dimensions minimales : 0,80 mètre ´ 1,30 mètre, libre de tout obstacle, situé devant ou à côté de chacun des aménagements indiqués au paragraphe précédent, doit être accessi-

ble par un cheminement praticable.

Art. 8

Dans les établissements recevant du public assis, les emplacements aménagés et accessibles par un cheminement praticable doivent avoir les dimensions minimales : 0,80 mètre ´ 1,30 mètre.

Art. 9

Dans les établissements d'hébergement hôtelier, les chambres aménagées pour les personnes à mobilité réduite doivent comporter un cheminement libre de tout obstacle de 0,90 mètre de largeur permettant de circuler autour du mobilier et d'accéder aux équipements et au mobilier.

Une aire de 1,50 mètre de diamètre permet la rotation du fauteuil roulant en dehors de l'emplacement du mobilier.

Art. 10

Les cabines de déshabillage et les douches aménagées pour les personnes handicapées à mobilité réduite doivent comporter un espace libre de tout obstacle, hors débattement de porte, de dimensions minimales : 0,80 mètre (parallèlement à la porte) ´ 1,30 mètre (perpendiculairement à la porte). Les dimensions minimales entre murs ne peuvent être inférieures à 0,80 mètre ´ 1,60 mètre.

La zone d'assise, fixe ou mobile, doit avoir une hauteur comprise entre 0,46 mètre et 0,50 mètre.

La barre d'appui doit comporter une partie horizontale située entre 0,70 mètre et 0,80 mètre de hauteur.

Les commandes de douches doivent pouvoir être atteintes par une personne handicapée et être faciles à manoeuvrer par une personne

ayant des difficultés de préhension.

Art. 11

Le symbole d'accessibilité figure une personne assise dans un fauteuil roulant, vue de profil.

Art. 12

Le directeur de l'action sociale, le directeur de la sécurité civile et le directeur de l'habitat et de la construction sont chargés, chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté, qui sera publié au Journal officiel de la République française.

Liste des documents référencés

#1 - CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION (Partie Législative et Réglementaire) - Chapitre 1 Règles générales - Section 3 Personnes handicapées - Articles L111-7 à L111-8-4, R111-18 à R111-19-11

1. EXEMPLE DE LA STRUCTURE DU FICHIER XML NÉCESSAIRE À LA CRÉATION DES RÈGLES ET DE LA BASE DE RÈGLES:

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" ?>
- <!--
_ <rulesbase name="Accessibility">
  _ <identity>
    <government_regulation
      id="FR">French</government_regulation>
    <code_type id="AC">Accessibility for disabled
      persons</code_type>
  </identity>
  _ <destination name="Bâtiments d'habitation collec-
    tifs neufs">
    _ <rules>
      _ <rule id="Rule60">
        <document>Arrêté du 24 décembre
          1980 modifié</document>
        <article>2</article>
        <description>Lorsqu'une pente est né-
          cessaire pour franchir une dénivel-
          lation, elle doit être inférieure à 5
          p. 100.</description>
      </rule>
      _ <rule id="Rule70">
        <document>Arrêté du 24 décembre
          1980 modifié</document>
        <article>2</article>
        <description>Lorsqu'elle dépasse 4 p.
          100, un palier de repos est néces-
          saire tous les 10 mè-
          tres.</description>
      </rule>
      _ <rule id="Rule140">
```

```

    <document>Arrêté du 24 décembre
      1980 modifié</document>
    <article>2</article>
    <description>La hauteur maximale
      des ressauts est de 2
      cm.</description>
  </rule>
  _ <rule id="Rule150">
    <document>Arrêté du 24 décembre
      1980 modifié</document>
    <article>2</article>
    <description>Les bords des ressauts
      doivent être arrondis ou munis de
      chanfreins.</description>
  </rule>
  _ <rule id="Rule160">
    <document>Arrêté du 24 décembre
      1980 modifié</document>
    <article>2</article>
    <description>En cheminement courant
      le dévers doit être inférieur à 2 p.
      100.</description>
  </rule>
  _ <rule id="Rule180">
    <document>Arrêté du 24 décembre
      1980 modifié</document>
    <article>2</article>
    <description>La largeur minimum des
      portes est de 0,90 mè-
      tre.</description>
  </rule>
  _ <rule id="Rule240">
    <document>Arrêté du 24 décembre
      1980 modifié</document>
    <article>2</article>
```

<description>Tout ascenseur ou un ascenseur au moins par batterie d'ascenseurs devra avoir : - une porte d'entrée d'une largeur minimale de 0,80 mètre ; - des dimensions intérieures minimales entre revêtements intérieurs de la cabine de 1 mètre (parallèlement à la porte) sur 1,30 mètre (perpendiculairement à la porte) ; - des commandes à une hauteur maximale de 1,30 mètre situées sur le côté, dans la cabine ; - une précision d'arrêt de la cabine de 2 cm au maximum.**</description>**

</rule>

</rules>

</destination>

</rulesbase>

2. EXEMPLE DE LA STRUCTURE DU FICHIER XML NÉCESSAIRE À LA CRÉATION DES RÈGLES ET DE LA BASE DE FAITS:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<model name="3salles_bigdoors"
  file_name="3salles_bigdoors.skp">
  <project_id="0m63cHbfD9CRQyA1ChiE6P"
    name="Compulsory+Short+Name"
    long_name="3salles_bigdoors">
    <site_id="2szw1PMP9Cvvq6M5oIMiu3"
      name="">
      <description />
    <batiment
      id="1w1KKHskbAv8nWzAm$IMMq"
      name="3salles_bigdoors">
      <description />
    <etage
      id="3G0obozlnD2unk_kkgjf2A" in-
      dex="0" name="etage1">
      <description />
    <espace
      id="1vf56TRgv6gRCxdPLrxnli"
      name="test_ahmed"
      long_name="" area="0" clas-
      sif_id="0">
      <description />
      <point x="8000"
        y="4109.72620677701" />
      <point x="13750"
        y="4109.72620677701" />
      <point x="13750" y="9750"
        />
      <point x="8000" y="9750" />
      <point x="8000"
        y="4109.72620677701" />
```

```
</espace>
= <espace
  id="OLW4Ja9tfAyf9XbibNjBhZ"
  name="" long_name="" area="0"
  classif_id="0">
  <description />
  <point x="8000" y="250" />
  <point x="13750" y="250" />
  <point x="13750"
    y="4019.72620320073" />
  <point x="8000"
    y="4019.72620320073" />
  <point x="8000" y="250" />
</espace>
= <espace
  id="1kR$tOPJTA7ui8noTY5p5I"
  name="" long_name=""
  area="0" classif_id="0">
  <description />
  <point x="250" y="250" />
  <point
    x="7909.99999642372"
    y="250" />
  <point
    x="7909.99999642372"
    y="9750" />
  <point x="250" y="9750" />
  <point x="250" y="250" />
</espace>
</etage>
</batiment>
</site>
</project>
</model>
```